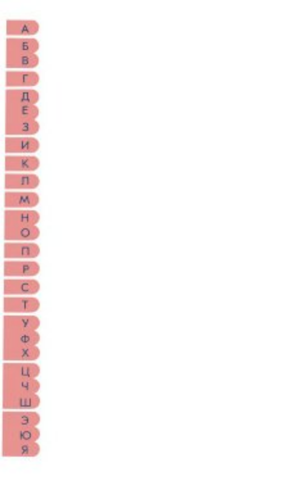
ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ ЮНОГО АСТРОНОМА



ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ ЮНОГО АСТРОНОМА






А
Б
В
Г
Д
Е
З
И
К
Л
М
Н
О
П
Р
С
Т
У
Ф
Х
Ц
Ч
Ш
Э
Ю
Я

ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ ЮНОГО АСТРОНОМА



МОСКВА
«ПЕДАГОГИКА»
1986



Составитель
ЕРПЫЛЕВ Н. П.

ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ ЮНОГО АСТРОНОМА

ДЛЯ
СРЕДНЕГО И СТАРШЕГО
ШКОЛЬНОГО
ВОЗРАСТА

2-е издание, переработанное
и дополненное

ББК 22.6:Я2
Э61

Рецензент
лауреат Ленинской премии
доктор физико-математических наук
М. Я. МАРОВ

Энциклопедический словарь юного астронома
Э61/ Сост. Н. П. Ерпылев. — 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Педагогика, 1986. — 336 с., ил.

Статьи словаря рассказывают о звездах, о больших и малых планетах, об интересных явлениях, которые изучает астрономия — наука о Вселенной. Школьники узнают о том, как работают астрономы, как полеты человека в космос и запуск космических аппаратов расширяют наши знания о Вселенной. Юные читатели узнают также о деятельности выдающихся астрономов. В словаре содержатся практические советы, как фотографировать звездное небо, как построить простейшие астрономические приборы и др. Книга иллюстрирована цветными фотографиями, рисунками, красочными диаграммами и схемами.

Для школьников среднего и старшего возраста.

Э $\frac{4306000000}{005(01)\text{-}86}$ 78-86 ББК 22.6:Я2

В необъятной Вселенной безмерно долгое время будут возникать для нас, один за другим, новые нерешенные вопросы; таким образом, перед человеком лежит уходящий в бесконечность путь научного труда...

Академик Ф. А. БРЕДИХИН

К НАШЕМУ ЧИТАТЕЛЮ

Нет на Земле человека, который мог бы равнодушно смотреть на величественное безмолвное ночное небо...

Тысячи сверкающих звезд и блуждающие среди них планеты, появление хвостатых комет, солнечные и лунные затмения — все это уже многие тысячи лет назад казалось удивительной загадкой. Не умея объяснить явления, поражающие их воображение, древние наблюдатели обожествляли небесные светила, пытались по ним предсказать судьбы людей, целых народов.

Шли годы. Все больше и больше сведений о небесных явлениях накапливало человечество. Многое из того, что ранее казалось таинственным, сверхъестественным, получило простое объяснение.

Уже на заре развития человеческого общества люди поняли, что наблюдения звезд могут быть полезны им в повседневной практической деятельности: по ним можно ориентироваться, выбирая правильный путь в открытом море, в бескрайних просторах пустыни; звезды, Солнце, Луна помогают отсчитывать время, вести календарь. Так возникла астрономия, одна из древнейших наук.

Астрономия на протяжении всей своей истории тесно взаимодействовала с другими науками, с техникой. Именно развитию техники астрономия обязана сооружением новых, все более и более мощных и совершенных инструментов для наблюдений — телескопов.

Появление в смежных с астрономией науках, и прежде всего в физике, новых методов исследований приводило к созданию новых разделов астрономии, в которых эти методы используются для изучения небесных светил. С другой стороны, чисто астрономические открытия часто стимулируют развитие тех или иных разделов математики, физики, геологии.

В зависимости от того, какие методы исследований применяются, к каким типам небесных объектов они приложены, астрономия стала делиться на разделы.

После астрометрии, наиболее древнего ее раздела, возникла небесная механика, изучающая законы движения небесных тел. Звездная астрономия занялась исследованием строения и развития нашей звездной системы — Галактики. Внегалактическая астрономия стала изучать другие галактики и закономерности строения систем галактик. Наиболее общие проблемы строения Вселенной разрабатывает космология. Фотографические, фотометрические, спектроскопические методы исследований позволили по-новому подойти к изучению природы небесных тел; так зародилась астрофизика. Различные методы стали применяться для изучения разных небесных объектов. Так возникли разделы астрономии: физика Солнца, физика планет, физика звезд и туманностей, кометная астрономия, метеорная астрономия, метеоритика.

Астрономы стали вести исследования не только в видимом свете, но и в других диапазонах электромагнитного излучения небесных тел. Так появились радиоастро-

номия, инфракрасная, ультрафиолетовая, рентгеновская астрономия, гамма-астрономия.

Прогресс техники позволил сооружать оптические телескопы и радиотелескопы, способные принимать излучение, идущее от небесных тел, удаленных на гигантские расстояния, которые просто невозможно себе представить.

Не все излучение, идущее от небесных светил, можно уловить на обсерваториях. Часть его поглощается в земной атмосфере и просто не доходит до инструментов, расположенных на Земле, даже высоко в горах. На помощь пришла космонавтика.

Именно автоматические искусственные спутники и орбитальные станции с космонавтами на борту позволили вынести астрономические инструменты за пределы Вселенной. Луна стала первым небесным телом, на котором побывал человек.

За многовековую историю астрономии были собраны обширные сведения о строении, движениях, физической природе, путях развития небесных тел и их систем, Вселенной в целом. Этим сведениям посвящены сотни и тысячи томов научной и научно-популярной литературы. Естественно, невозможно собрать все эти сведения в одном томе даже при самом сжатом их изложении.

Но авторы словаря, который лежит сейчас перед вами, постарались, чтобы вы, несмотря на это, нашли в нем ответы на основные вопросы, которые могут у вас возникнуть при чтении книг по астрономии, сообщений о новых астрономических открытиях, о космических перелетах и т. п.

В словаре вы найдете описания важнейших астрономических обсерваторий нашей страны и установленных на них телескопов, включая и крупнейший в мире рефлектор с зеркалом, диаметр которого равен 6 м.

Вы узнаете, какими методами пользуются астрономы в своих разнообразных исследованиях космических объектов, из каких разделов состоит астрономия.

Много внимания уделено рассказу о различных небесных телах — о Солнце, о планетах, среди которых и наша Земля, о спутниках планет, одним из которых является Луна, о малых планетах, кометах, метеорных потоках... Найдете в словаре вы также рассказы о звездах разных типов — о переменных и двойных, о пульсарах и новых звездах, о звездных скоплениях и звездных системах. Из статей о нашей Галактике вам станет известно о ее размерах и строении, о звездах и туманностях, входящих в ее состав...

Ряд статей посвящен новому разделу науки и техники — космонавтике. В них вы прочтете об искусственных спутниках Земли, которые не только помогают астрономам вести научные исследования, но и служат практическим нуждам человека: с их помощью предсказывают погоду, передают телевизионные программы из Москвы в самые далекие районы нашей огромной страны, определяют положение кораблей в открытом море, ищут полезные ископаемые...

Космические аппараты совершают мягкую посадку на Луну, Венеру, Марс и проводят научные наблюдения непосредственно на поверхности этих небесных тел. Межпланетные космические зонды, пролетая вблизи Меркурия, Юпитера, Сатурна и других планет, фотографируют эти планеты, спутники планет.

Познанию тайн Вселенной посвящали свою жизнь ученые разных стран от древнейших времен до наших дней. Из статей словаря вы узнаете о трудах и открытиях выдающихся астрономов.

Многое могут сделать и юные астрономы, работающие в астрономических кружках, в отделениях Всесоюзного астрономо-геодезического общества. В помощь любителям астрономии в словаре помещены статьи об астрономических наблюдениях, которые могут быть выполнены на школьных обсерваториях, практические советы, которые помогут своими силами сделать небольшой телескоп.

В статьях «Астрономы-любители» и «Юные астрономы» рассказывается о работе юных астрономов нашей страны, о том, как она организована, о наиболее интересных кружках в школах, Домах и Дворцах пионеров. Вы узнаете о слетах и олимпиадах юных астрономов, об их связях со сверстниками из социалистических стран.

Словарь предназначен для школьников, которые хотят пополнить свои знания о Вселенной, получить необходимую справку по астрономии. Но, как мы уже говорили, в словаре из-за ограниченности его объема содержатся лишь самые основные астрономические сведения. Для того чтобы более глубоко изучить астрономию,

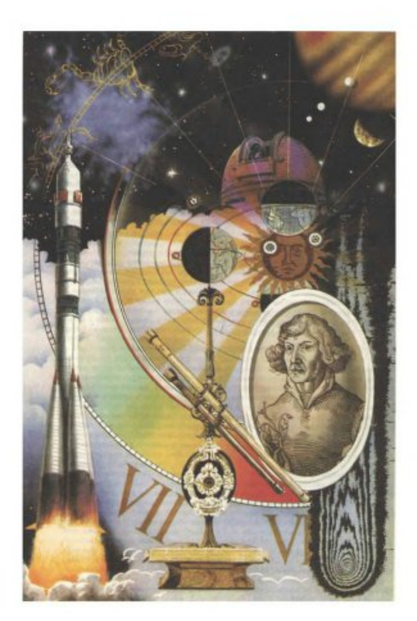
вы должны обратиться к специальным книгам, которые можно взять в школьной или районной библиотеке. Список книг, которые мы рекомендуем прочитать, дан в конце книги.

Статьи в словаре расположены по алфавиту. Всего их около 300. Это количество, безусловно, не покрывает перечень всех терминов, используемых в астрономии. Но следует иметь в виду, что многие из терминов, которые не имеют, так сказать, своей собственной статьи, разъясняются в других статьях, посвященных более общим проблемам. Так, например, термины «прямое восхождение», «азимут» и ряд других разъяснены в статье *Небесные координаты*, о противостояниях планет рассказано в статье *Конфигурации* и т. п. Перечень таких терминов приведен в алфавитном указателе.

Если то или иное слово набрано курсивом, значит, в словаре имеется отдельная статья с таким названием. К ней вы можете обратиться за разъяснением термина или, если это окажется необходимым, за более подробными сведениями, относящимися к термину.

Коллектив авторов, работавший над Энциклопедическим словарем юного астронома, надеется, что эта книга станет настольным справочником для многих юных любителей астрономии, что, знакомясь со статьями, помещенными в словаре, наши читатели поймут, какая эта увлекательная наука астрономия и какое широкое поле научной и творческой деятельности открыто перед будущими астрономами.

Б. А. ВОРОНЦОВ-ВЕЛЬЯМИНОВ
Член-корреспондент АПН СССР,
доктор физико-математических наук


VII
VI

А

АБАСТУМАНСКАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ

Абастуманская астрофизическая обсерватория Академии наук Грузинской ССР расположена в 200 км к западу от Тбилиси на горе Канобили (1650 м над уровнем моря) близ поселка Абастумани. Она была создана в 1932 г.

На обсерватории ведутся разнообразные исследования *Галактики,* в частности изучение межзвездного поглощения света и роли межзвездного вещества в строении Галактики. Эти исследования ведутся под руководством президента Академии наук Грузинской ССР, академика АН СССР директора обсерватории Е. К. Харадзе. Сотрудниками обсерватории опубликованы каталоги физических характеристик звезд и других галактических объектов. Много внимания уделяется исследованиям в области звездной динамики, изучаются нестационарные и *переменные звезды, Луна* и *планеты.*

На Абастуманской обсерватории проводятся наблюдения по программе *службы Солнца,* изучение активных областей нашего дневного светила, исследования физико-химического строения верхней атмосферы Земли и др.

Главные инструменты обсерватории: 70-см менисковый телескоп, 40-см рефрактор, горизонтальный солнечный, хромосферный телескопы, 125-см рефлектор с программированным управлением и др.

АБЕРРАЦИЯ СВЕТА

Аберрация света — кажущееся отклонение небесных светил от их истинного положения на небесном своде, вызванное относительным движением светила и наблюдателя. Явление аберрации обусловлено тем, что свет распространяется с конечной скоростью.

С точки зрения классической астрономии, явление аберрации можно сравнить с тем, что испытывает человек под проливным дождем. Стоящий под дождем человек держит свой зонт прямо над головой. Но когда он идет, он вынужден, если хочет остаться сухим, наклонить зонт вперед. При этом чем быстрее он идет, тем сильнее приходится наклонять зонт. И хотя дождевые капли по-прежнему падают прямо вниз, человеку кажется, что они идут из точки, по направлению к которой он наклонил зонт.

Аналогично этому, движущемуся наблюдателю свет небесного светила кажется идущим не из точки, в которой находится светило, а из другой точки, смещенной относительно первой в направлении движения наблюдателя. Это смещение тем больше, чем выше относительная скорость. Предположим, что астроном наблюдает некоторую звезду, находящуюся в полюсе эклиптики. Свет звезды падает на Землю перпендикулярно направлению скорости Земли, движущейся по своей орбите. Однако, направив свой телескоп в полюс эклиптики, астроном не увидит звезду в центре поля зрения: лучу света, входящему в объектив такого телескопа, нужно время, чтобы пройти сквозь всю его трубу, а за это время труба переместится вместе с Землей и изображение звезды не попадет в центр поля зрения. Таким образом, чтобы наблюдать небесное светило в центре поля зрения, телескоп приходится наклонять на некоторый угол вперед по движению наблюдателя.

Величина аберрационного смещения зависит также от угла между направлением движения наблюдателя и направлением на звезду. Оно имеет наибольшее значение для углов в 90° и исчезает при 0° и 180°. Аберрационное смещение равно постоянной аберрации a, умноженной на синус этого угла. Величина постоянной аберрации равна

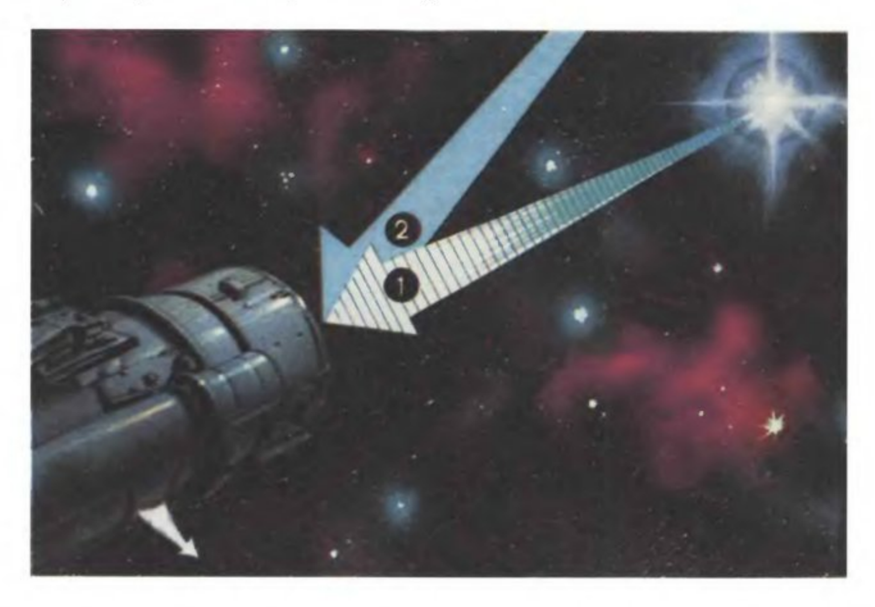
$$a = v/c,$$

где v — относительная скорость, а c — скорость света, равная 300 000 км/с.

Если бы наблюдатель вместе с Землей двигался по отношению к звезде всегда в одном и том же направлении, аберрационное смещение для звезды было бы постоянным и его нельзя было бы обнаружить. Однако направление движения Земли, перемещающейся по своей орбите, непрерывно изменяется, причем за 6 мес оно меняется на обратное.

Вследствие этого звезда, находящаяся в полюсе эклиптики, в течение года описывает на небесной сфере небольшую окружность, радиус которой равен постоянной аберрации a. Звезды, расположенные на эклиптике, колеблются взад и вперед по дуге длиной $2a$. Звезды, находящиеся между полюсом и эклиптикой, описывают на небесной сфере маленькие эллипсы, большие оси которых равны $2a$.

Для годичного движения Земли по орбите (средняя скорость $v = 30$ км/с) постоянная аберрации $a = 20{,}50''$.



Чтобы увидеть звезду в центре поля зрения телескопа, наблюдатель, движущийся в сторону, указанную белой стрелкой, должен повернуть его от направления 2, в котором находится звезда, к направлению 1.

Аберрационное смещение (меньшей величины) наблюдается также и в результате движения наблюдателя вследствие вращения Земли. Максимальная величина суточной аберрации (на экваторе при угле 90°) составляет около 0,32″.

Влияние аберрации на результаты наблюдений приходится учитывать при решении многих астрометрических и небесно-механических задач. В частности, оно учитывается при наблюдении искусственных спутников Земли. В этом случае величина аберрационного смещения может достигать 4″—6″.

С точки зрения *теории относительности* аберрация света является следствием перехода от системы отсчета (системы координат), связанной с источником света (небесным светилом), к системе отсчета, связанной с наблюдателем. Направление светового луча в двух системах отсчета, движущихся одна относительно другой, не совпадает. Разница между такими направлениями и представляет собой аберрацию света.

АВТОМАТИЧЕСКИЕ МЕЖПЛАНЕТНЫЕ СТАНЦИИ

Автоматические межпланетные станции (АМС) — разведчики *Вселенной*. Автоматы всегда предшествуют проникновению человека в *космос*. До первого полета человека в космическое пространство условия на орбите были изучены автоматическими спутниками. До первой экспедиции на *Луну* ее тщательно исследовали автоматические станции. Более того: автоматические межпланетные станции могут быть направлены к таким планетам, в такие области Солнечной системы, где физические условия слишком сложны, чтобы туда мог проникнуть человек по крайней мере в ближайшие десятилетия, а может быть и века.

Автоматические межпланетные станции — беспилотные космические летательные аппараты, предназначенные для полета к другим небесным телам с целью изучения *Солнечной системы* — межпланетного пространства, Луны, *планет, Солнца, комет* и др. Часто на АМС устанавливаются приборы для астрономических исследований, регистрирующие *космические лучи* галактического происхождения, электромагнитное излучение в различных диапазонах спектра от небесных объектов, находящихся за пределами Солнечной системы.

К этой категории космических летательных аппаратов относятся автоматические лунные станции (АЛС), специально предназначенные для исследования Луны, и космические зонды для исследования межпланетной среды, магнитных полей, микрометеоритов, околосолнечной области (например, зонды «Гелиос»).

АМС запускаются многоступенчатыми ракетами-носителями, которые, как правило, сначала выводят их на промежуточные околоземные орбиты, а затем сообщают им вторую космическую скорость и выводят их на межпланетные орбиты.

Всего до 1 января 1986 г. были запущены 94 АМС: 47 в СССР, 42 в США, 2 в США по совместному проекту с ФРГ, 2 в Японии, 1 в Куру (Французская Гвиана) Европейским космическим агентством. С помощью этих автоматических станций были проведены исследования Луны, межпланетного пространства, Солнца, планет *Венера, Марс, Меркурий, Юпитер* и *Сатурн*.

Исследования осуществлялись по различным схемам: в пролетном (облетном) варианте при пролете АМС на близком расстоянии от небесного тела, на основе измерений на участке максимального сближения (например, американские АМС «Маринер» и «Пионер», некоторые советские АМС «Марс»); в варианте

спутника Луны или планеты (например, советская автоматическая лунная станция «Луна-10»); в варианте посадки на небесное тело (например, советские АЛС «Луна-9», «Луна-17», американские «Сервейер»). В последние годы чаще всего исследования велись по смешанным вариантам: АМС совершала облет небесного тела или выводилась на орбиту его искусственного спутника, от нее отделялся отсек или спускаемый аппарат, который совершал посадку на Луну или планету. По такой смешанной схеме велись исследования Венеры советскими АМС «Венера» и исследования Марса американскими АМС «Викинг».

АМС оснащались разнообразной научной аппаратурой. С ее помощью проведены исследования и сделаны открытия, коренным образом изменившие наши представления о Солнечной системе. Было обнаружено, что межпланетное пространство заполнено истекающим от Солнца в радиальном направлении со скоростями от 200 до 1000 км/с *солнечным ветром,* вместе с которым движется как бы «вмороженное» в него магнитное поле. Довольно подробно изучена Луна: сфотографирована поверхность, исследованы окололунное пространство, характеристики гравитационного поля, химический состав и физико-механические свойства лунного грунта. Три советские АЛС — «Луна-16», «Луна-20» и «Луна-24» — доставили на *Землю* образцы лунного грунта. Советские АМС серии «Венера» провели комплексные исследования атмосферы Венеры и ее поверхности, обнаружили необычайные условия на этой планете: плотную углекислую атмосферу, высокое давление (около 9 МПа) и температуру (около 500°С) на поверхности. Каждый запуск АМС к Венере становился новым шагом в этом направлении, расширял, углублял наши знания о природе этой планеты. Так, АМС «Венера-13» и «Венера-14» в марте 1982 г. позволили решить три принципиально новые и важные задачи: определение микрофизических свойств частиц и структуры облаков; бурение поверхностного слоя, взятие проб грунта и прямое определение химического состава горных пород Венеры; передачу на Землю цветных панорам поверхности планеты с круговым обзором. АМС «Венера-15» и «Венера-16» в октябре 1983 г. были выведены на орбиты искусственных спутников Венеры и передали на Землю уникальные изображения поверхности планеты, полученные с помощью радиолокаторов бокового обзора. На снимках высокого качества видны отдельные геологические образования, различные ландшафтные зоны, детали рельефа. Эти результаты по радиозондированию поверхности Венеры имеют фундаментальное значение для понимания геологической истории планет Солнечной системы. Интересные данные получены о Марсе, Юпитере, Меркурии, Сатурне и его кольцах. Важные эксперименты были выполнены при полете АМС «Вояджер-1» и «Вояджер-2» при пролете вблизи Юпитера и Сатурна.

По конструкции, составу служебной и научной аппаратуры АМС достаточно своеобразны. Поскольку они функционируют в условиях, где нет плотной среды, конструкторы придают им форму, определяемую только поставленными задачами. Правда, посадочные отсеки и спускаемые аппараты, предназначенные для снижения и работы в атмосфере Марса и особенно Венеры, имеют обтекаемую форму и защитные экраны.

Состав служебных систем АМС связан с условиями, в которых им приходится функционировать и вести измерения. Как правило, они оборудуются системами астроориентации, т. е. в качестве опорных ориентиров используются звезды. Электропитание обеспечивают солнечные батареи или радиоизотопные источники электроэнергии, если аппаратуре приходится функционировать на расстоянии 3—5 а. е. от Солнца, где плотность солнечной энергии мала. Поскольку АМС приходится передавать полезную информацию на Землю с огромных расстояний, они имеют крупные параболические антенны, диаметр которых достигает 2—3 м. АМС оборудуются также двигательными установками для коррекций траекторий на межпланетных участках полета, перехода на орбиту вокруг планеты и маневрирования в околопланетном пространстве.

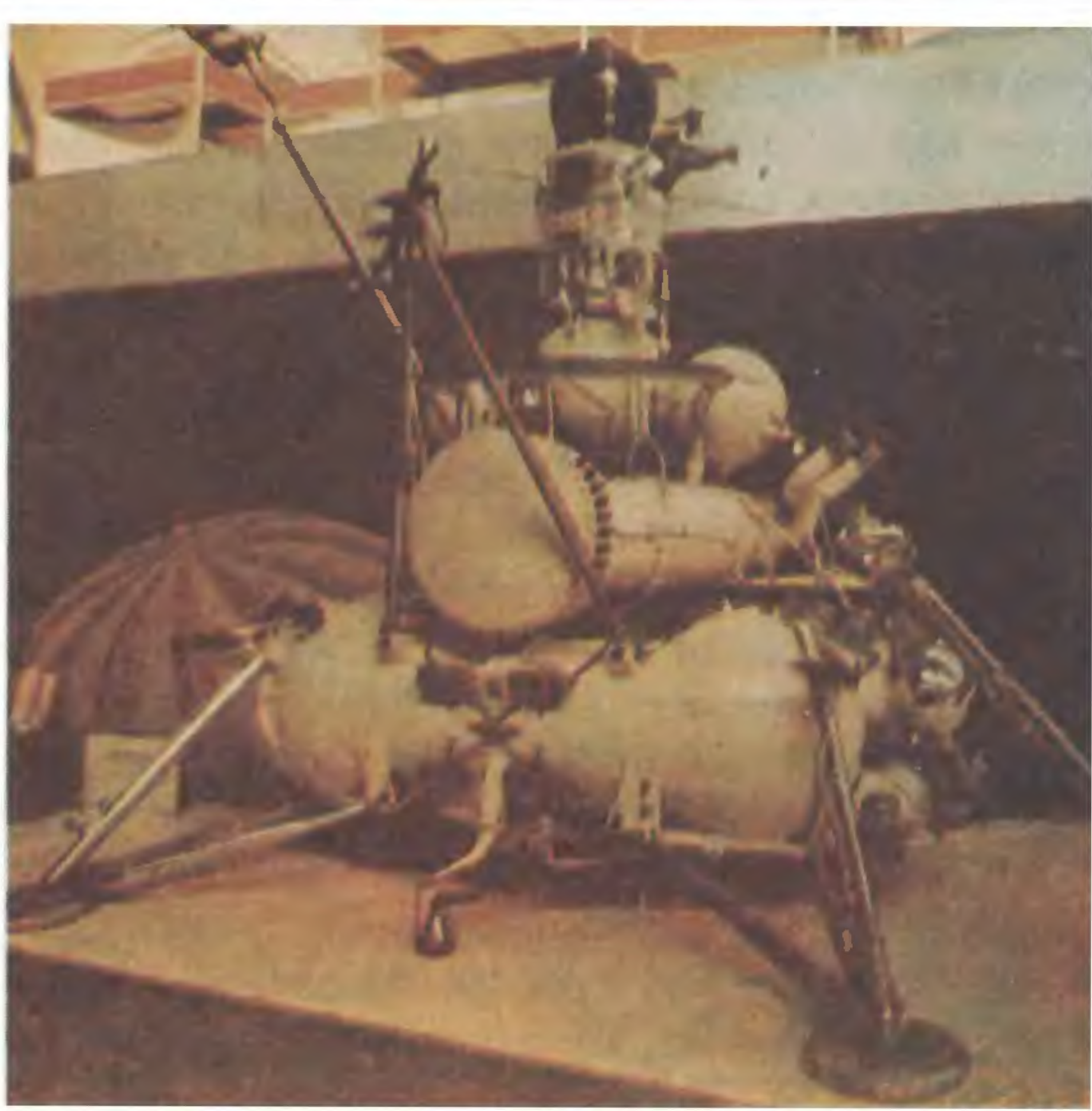
Массы АМС самые различные: от десятков до тысяч килограммов. Например, АМС «Венера-10» имела массу 5033 кг.

Состав научной аппаратуры АМС определяется ее задачами. Если полет к какой-либо планете носит первый рекогносцировочный характер, то измерения стремятся провести по возможно более широкой программе с учетом того, что известно о планете из астрономических наблюдений. В дальнейшем ставится более узкая, конкретная задача. Так, например, для изучения атмосферы планеты состав приборов комплектуется, исходя из желания получить максимально полную информацию о составе атмосферных газов, структуре атмосферы, метеорологических условиях на планете.

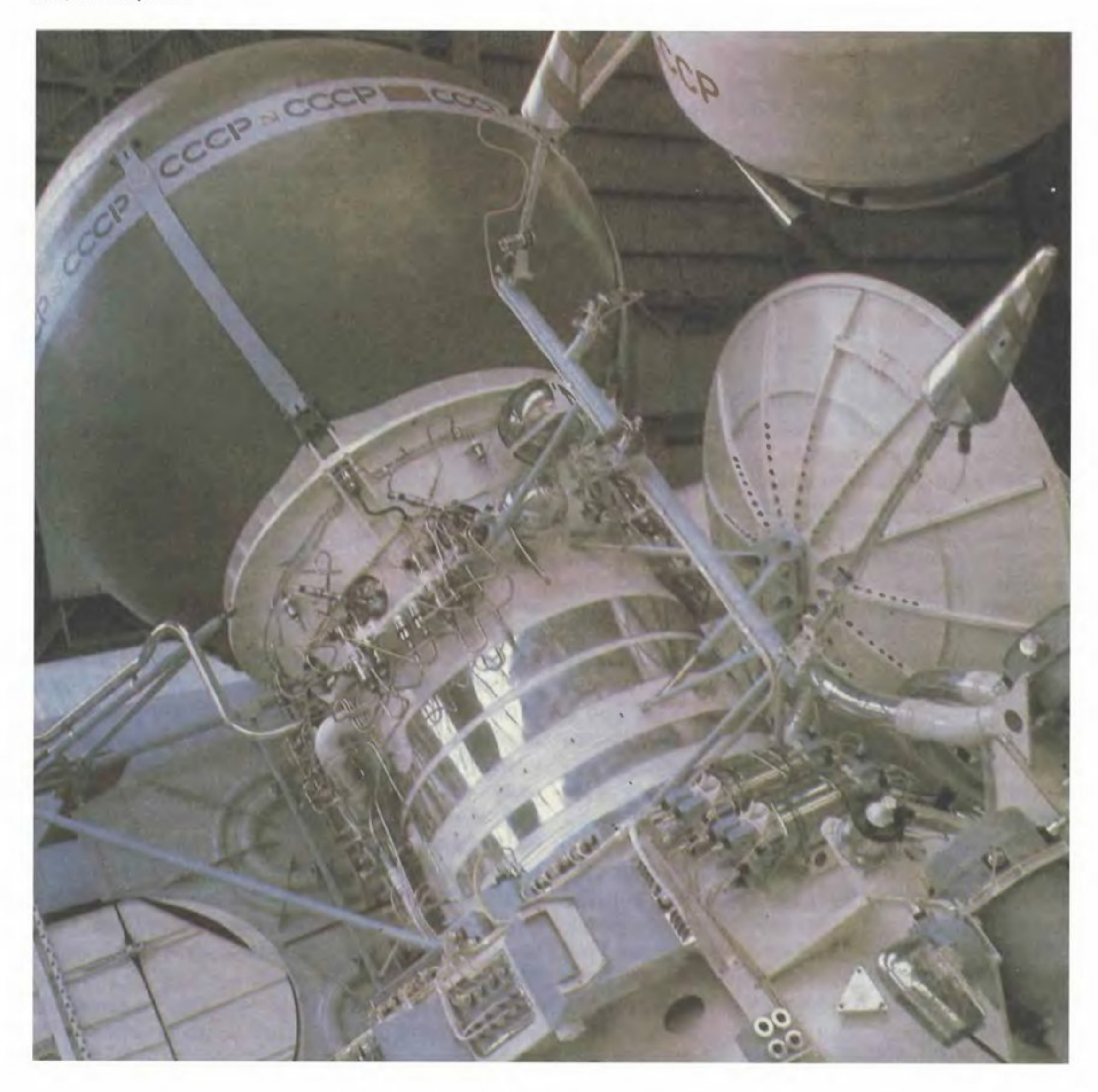
На АМС устанавливаются телевизионные камеры для съемок планеты, магнитометры для регистрации магнитных полей, приборы для измерения заряженных частиц, датчики для регистрации микрометеоритов в межпланетном и околопланетном пространстве. Если стоит задача исследовать атмосферу небесного тела, то добавляются приборы для определения химического состава атмосферы, ее температуры, давления и плотности. Если АМС предстоит работать на поверхности планеты, она оборудуется аппаратурой для изучения химического состава и физико-механических свойств поверх-

Автоматическая межпланетная станция «Марс-3». *Внизу:* **автоматическая лунная станция «Луна-9» и автоматическая лунная станция «Луна-16», доставившая на Землю образцы лунного грунта.**





Автоматическая межпланетная станция «Венера-10».

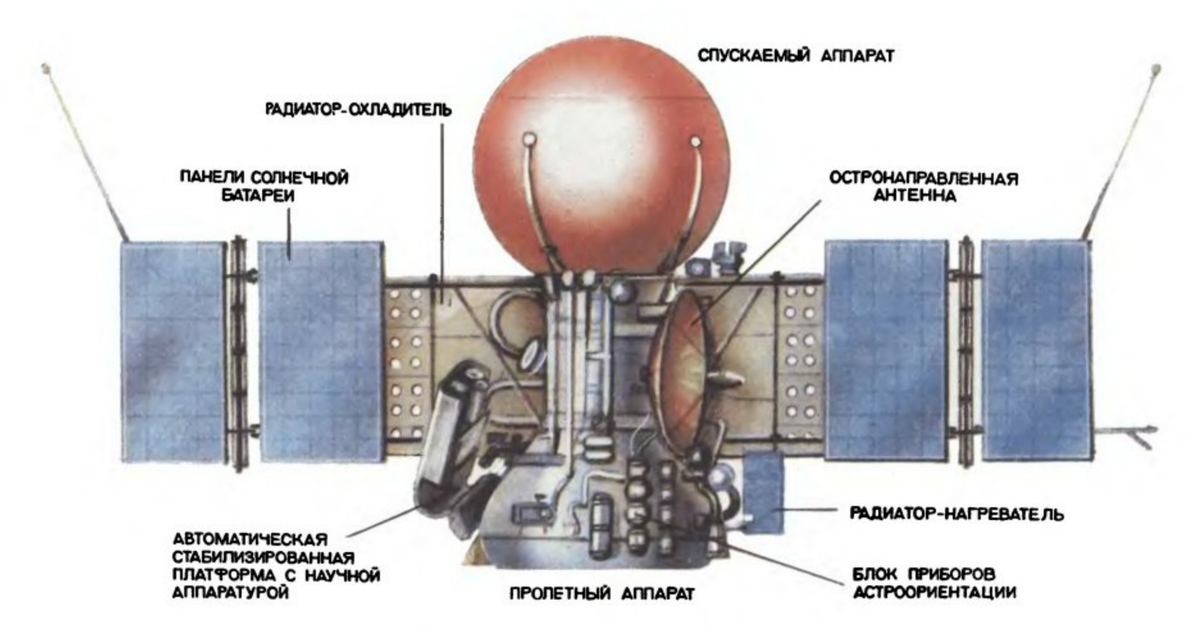


ностного слоя, а иногда (например, АМС «Викинг») специальными приборами для обнаружения признаков жизнедеятельности биологических организмов.

Принципиально новые задачи были поставлены перед АМС «Вега-1» и «Вега-2», запущенными 15 и 21 декабря 1984 г. с космодрома Байконур. Обе АМС аналогичны по конструкции и назначению и созданы в Советском Союзе. Научная программа полета станций предложена советскими учеными, научная аппаратура, установленная на них, разработана и изготовлена в рамках международного проекта «Венера — комета Галлея» и предназначена для исследований планеты Венера и кометы Галлея. В создании научной аппаратуры и оборудования АМС «Вега» принимали участие ученые и специалисты СССР, Австрии, Болгарии, Венгрии, ГДР, Польши, Франции, ФРГ и Чехословакии. Научная программа полета состоит из двух основных этапов. На первом этапе АМС исследуют планету Венера, на втором — комету Галлея.

В июне 1985 г. АМС «Вега-1» и «Вега-2» успешно выполнили научные задачи первого этапа исследований. 9 июня 1985 г. от станции «Вега-1» отделился спускаемый аппарат, который 11 июня при входе в атмосферу Венеры разделился на посадочный аппарат и аэростатный зонд. Оболочка аэростатного зонда (диаметр 3,4 м) после его отделения была наполнена гелием, и зонд в течение 46 часов совершал дрейф в атмосфере на высоте около 50 км. К оболочке зонда была подвешена гондола с передающим радиокомплексом и научной аппаратурой, предназначенной для измерений параметров атмосферы и облачного слоя Венеры. Уникальный эксперимент по аэро-

Автоматическая межпланетная станция «Вега».



статному зондированию атмосферы Венеры проводился впервые в мировой практике. Посадочный аппарат совершил мягкую посадку на поверхность планеты, где выполнил комплекс научных исследований.

В создании научной аппаратуры посадочного аппарата и аэростатного зонда вместе с советскими учеными принимали участие специалисты Франции.

13 июня 1985 г. к Венере подлетела АМС «Вега-2». От нее также отделился спускаемый аппарат, который разделился на аэростатный зонд и посадочный аппарат. Аэростатный зонд снизился на парашюте и дрейфовал в атмосфере планеты на высоте 54 км, проводя регулярные измерения метеорологических параметров.

Посадочный аппарат совершил мягкую посадку на ночную сторону Венеры. С помощью установленого на нем грунтозаборного устройства на поверхности планеты проведено бурение поверхностного слоя грунта, взятие проб и их анализ с целью определения элементного состава пород в новом районе планеты.

После отделения спускаемых аппаратов АМС «Вега-1» и «Вега-2» прошли на расстоянии, соответственно, 39 тыс. км и 24,5 тыс. км от поверхности Венеры и продолжили полет к комете Галлея, встреча с которой должна состояться в первой половине марта 1986 г.

Встреча двух АМС с кометой Галлея даст возможность впервые в истории космонавтики провести непосредственные комплексные исследования этой кометы с пролетной траектории. Станции с интервалом в несколько дней должны пройти на расстоянии около 10 тыс. км от ядра кометы, при этом они пересекут ее атмосферу (ко́му). Планируется изучение ядра кометы оптическими приборами (телевизионными камерами и спектрометрами), изучение характеристик и химического состава пылевых частиц, покидающих ядро кометы, и измерения заряженных частиц, нейтрального газа и магнитных и электрических полей в атмосфере кометы. Масса научной аппаратуры для исследования кометы Галлея — 253 кг.

Для исследования кометы Галлея запущены также 2 японских АМС (MS-5T в январе 1985 г. и «Планета-А» — в августе 1985 г.) и АМС «Джотто» (в июле 1985 г.), созданная западно-европейскими учеными. Научные программы всех АМС взаимно дополняют друг друга.

АЛЬБЕДО

Альбедо — величина, характеризующая отражательную способность небесных тел, освещаемых извне, например *планет*, их *спутников, метеоритов.* Альбедо служит характеристикой несамосветящегося небесного тела в целом и определяется как отношение светового потока, рассеянного телом во всех направлениях, к потоку, падающему на тело. Планеты и спутники, не имеющие заметной атмосферы, характеризуются весьма низким альбедо. Так, для *Луны* и *Меркурия* альбедо около 0,07. Напротив, планеты, имеющие плотные атмосферы *(Венера, Юпитер, Сатурн)*, обладают сравнительно высокими альбедо — около 0,5.

Альбедо, как правило, меняется с длиной волны: в зависимости от цветовых свойств

планеты доля отражаемого ею света в различных участках различна. Изучая изменение альбедо с длиной волны и сравнивая полученные кривые с такими же кривыми для различных минералов и образцов почв, можно судить о вероятном составе и структуре поверхностей планет.

АПЕКС

Апекс — точка на *небесной сфере,* в сторону которой направлено движение. В астрономии рассматривают апекс годичного обращения Земли вокруг Солнца. Он лежит в направлении касательной к земной орбите в той ее точке, где находится в данный момент Земля. Направление на апекс практически перпендикулярно направлению на Солнце.

Апекс движения Солнца в пространстве относительно ближайших звезд расположен вблизи границы созвездий Геркулеса и Лиры.

АСТРОГРАФ

Астрограф — специальный *телескоп* для фотографирования небесных светил. Его основные характеристики — диаметр и фокусное расстояние объектива, определяющие светосилу и масштаб изображений на фотопластинке. Для фотографирования больших участков неба с изображениями *метеоров, комет, малых планет, искусственных спутников* применяются светосильные широкоугольные астрографы с фокусными расстояниями менее 1 м. Для высокоточных астрометрических измерений служат астрографы с фокусными расстояниями до 10—15 м. Многие обсерватории мира оснащены так называемыми нормальными астрографами с фокусными расстояниями в 3,4 м (масштаб изображений у них — 1′ в 1 мм).

Смещение трубы астрографа в процессе фотографирования вслед за суточным вращением небесной сферы обеспечивается часовым механизмом и контролируется наблюдателем при помощи *гида.*

АСТРОДИНАМИКА

Астродинамика — раздел *небесной механики,* изучающий движение искусственных небесных тел — автоматических и пилотируемых космических летательных аппаратов. Наряду с термином «астродинамика» этот раздел науки называют также космодинамикой, небесной или космической баллистикой, прикладной небесной механикой. Астродинамика представляет собой основу общей теории полета космических аппаратов. В отличие от классической небесной механики астродинамика изучает движение не только пассивное, происходящее под действием сил тяготения небесных тел, но и активное, управляемое путем включения двигателей. Она делится на две части: теорию движения центра масс космического аппарата, т. е. теорию космических траекторий, и теорию движения космического аппарата относительно центра масс, или теорию его вращательного движения.

Астродинамика занимается определением наиболее удобной, с различных точек зрения, траектории (орбиты) полета к заданному небесному телу. Главное требование при этом — возможно меньшая скорость, до которой необходимо разогнать космический аппарат на начальном, активном участке полета, и, таким образом, наименьшая масса ракеты-носителя или орбитального разгонного блока при старте с околоземной орбиты. Это, в свою очередь, позволяет увеличить полезную нагрузку и, следовательно, добиться наибольшей научной эффективности полета. При определении орбиты учитываются требования простоты управления, условий радиосвязи (например, в момент захода станции за планету при ее облете радиосвязь нарушается), условий научных исследований (посадка на дневной или ночной стороне планеты) и т. п.

Рассчитываются также орбитальные маневры с помощью бортового двигателя при выходе космического аппарата на орбиту искусственного спутника Луны или планеты, при спуске на поверхность небесного тела, при переходе с одной орбиты спутника на другую; предусматриваются корректирующие маневры для исправления неизбежных ошибок орбиты, обусловленных недостаточно точными сведениями о межпланетных расстояниях, массах планет и их спутников, неточностью работы аппаратуры управления.

Продолжительность работы двигателей на активных участках полета исчисляется минутами или секундами, в то время как пассивный полет (с выключенным двигателем) на пути к Луне и планетам продолжается сутки, месяцы, годы, даже десятки лет. Полеты с краткосрочным включением двигателей называют импульсными или многоимпульсными (при многократном включении двигателей). Такие полеты осуществляются с помощью химических тепловых двигателей, а в будущем будут проводиться и с ядерными тепловыми двигателями. Ускорения, сообщаемые такими двигателями, обычно в несколько раз превышают ускорение силы тяжести на Земле $g=9{,}8$ м/с^2. Но разрабатываются и уже испы-

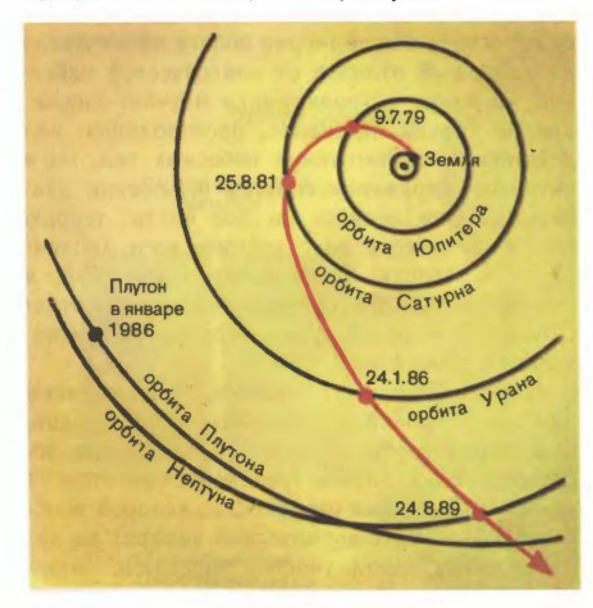


Рис. 1. Траектория перелета космического аппарата «Вояджер-2», начавшегося 20 августа 1977 г. Указаны даты встреч с Юпитером, Сатурном, Ураном, Нептуном.

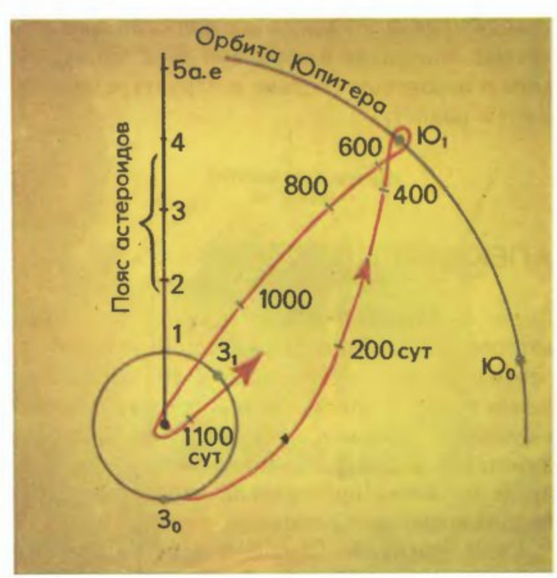


Рис. 2. Траектория полета Земля — Юпитер — Солнце.

тывались в космосе действующие совершенно иначе электрические ракетные двигатели, различные типы которых могут сообщать небольшие ускорения — от 10^{-5} до 10^{-3} g. Такие двигатели не могут обеспечить старт космического корабля с Земли, но, работая непрерывно в течение месяцев и лет, они обеспечат перелет его с орбиты вокруг Земли на орбиту вокруг любой планеты. С помощью электрических кораблей можно будет в течение нескольких недель поднять большие грузы (например, солнечную электростанцию массой в десятки тысяч тонн) по спиралеобразной траектории с низкой околоземной орбиты на стационарную (высота над поверхностью Земли — 35 800 км); за месяц доставить грузы на окололунную орбиту, чтобы затем постепенно с помощью уже химических ракет опустить их на поверхность Луны; отправить на околомарсианскую орбиту запас топлива.

Все более важную роль при определении орбит играет «пертурбационный маневр», использующий для изменения орбиты притяжение встречаемого на пути небесного тела. Так, в 1959 г. автоматическая станция «Луна-3» вернулась к Земле после прохождения вблизи Луны, под действием притяжения которой изменилась ее орбита. Осуществлены или осуществляются перелеты Земля — Венера — Меркурий, Земля — Юпитер — Сатурн — Уран — Нептун (рис. 1), Земля — Венера — комета Галлея (советские станции «Вега»). Рассчитаны и ждут своего осуществления траектории Земля — Юпитер — Солнце (рис. 2), Земля — Венера, Земля — Юпитер, Земля — Юпитер — Плутон, Земля — Сатурн — Юпитер — Земля и еще сотни других траекторий перелетов.

Пассивное вращательное движение космического аппарата может быть предвычислено методами астродинамики. Методы астродинамики используются для стабилизации спутника. Например, медленно поворачивающийся спутник вытянутой формы (типа комплекса «Салют» — «Союз»), будучи предоставлен самому себе, постепенно под действием сил *гравитации* располагается так, что один его конец при движении по орбите все время направлен к центру Земли (гравитационная стабилизация). Продолговатый спутник с хвостовым оперением стабилизируется в верхней атмосфере в направлении движения (аэродинамическая стабилизация). Простейшим примером активной стабилизации может служить закрутка спутника перед его отделением от последней ступени ракеты-носителя. С помощью миниатюрных двигателей ориентации космический аппарат может быть развернут с весьма высокой точностью (доли секунд дуги) и удерживаться в нужном положении, пока не будут завершены научные измерения или пока не отработает в течение заданного времени бортовая двигательная установка.

Большой вклад в развитие астродинамики внесли советские ученые К. Э. Циолковский, М. В. Келдыш и другие.

АСТРОКЛИМАТ

Астроклимат — совокупность факторов, которые определяют пригодность данной местности для ведения астрономических наблюдений. Факторы эти: число ясных дней и ночей, прозрачность атмосферы, число дней и ночей с мак-

симальной прозрачностью, степень запыленности воздуха, яркость фона ночного неба, которая больше всего зависит от подсветки неба близлежащими населенными пунктами, устойчивость оптических характеристик атмосферы, частота появления росы и туманов. Неблагоприятные метеорологические процессы могут заметно мешать наблюдениям.

Астрономический климат имеет важное значение для выбора мест постройки *астрономических обсерваторий* с большими *телескопами*. При поиске новых мест качество изображений, прозрачность и яркость фона неба измеряются при помощи специальных астроклиматических телескопов небольшого диаметра.

Метеорологические процессы, определяющие астроклимат, протекают совершенно поразному в дневное и в ночное время. Поэтому астроклимат подразделяется на дневной и ночной: места с хорошим ночным и дневным (солнечным) астроклиматом часто не совпадают. В нашей стране благоприятный астроклимат в Крыму, на Кавказе, в районах Восточной Сибири, Средней Азии и на юге европейской части СССР.

АСТРОЛОГИЯ

Астрология — ложное учение, утверждающее, что по взаимному расположению *Солнца, Луны* и *планет,* а также по их положению на фоне созвездий можно предсказывать явления природы (землетрясения, извержения вулканов), эпидемии, судьбы людей и целых народов, определять исход предпринимаемых действий, например сражений.

Астрология возникла в глубокой древности, когда люди не могли объяснить истинных причин *солнечных* и *лунных затмений,* движений Солнца, Луны, планет и других астрономических явлений, приписывая все это действию божественных сил. Создание *Н. Коперником* гелиоцентрической системы мира (см. *Системы мира*) и последующие успехи астрономии вызвали упадок астрологии.

АСТРОМЕТРИЯ

Астрометрия — один из наиболее древних разделов *астрономии,* предметом которого служит главным образом изучение метрических особенностей *Вселенной.* Астрометрическими методами устанавливаются положения и перемещения в пространстве небесных тел, в том числе *Земли, Солнца, планет, звезд, галактик, искусственных спутников* Земли, *автоматических межпланетных станций.* Астрономические измерения помогают изучать форму Земли, других планет, *Луны.*

Важнейшими результатами астрометрических наблюдений являются шкала точного времени для нужд научных исследований и народного хозяйства; данные о положении оси вращения Земли в пространстве и теле Земли; система астрономических постоянных, которые позволяют предвычислять на длительное время вперед взаимное положение Солнца, Земли, планет и их спутников, а также искусственных небесных тел; звездные каталоги, в которых с высокой точностью зафиксированы *небесные координаты* сотен тысяч светил; каталоги пунктов земной поверхности, в которых определены астрономические координаты (см. *Географические координаты*); каталоги точек с измеренными планетографическими координатами на поверхности Луны, Марса, Меркурия и других планет, а также многие другие материалы. Перечисленные данные задают в пространстве инерциальную систему координат, которая находит применение в самых различных областях науки и техники. К ведению астрометрии обычно относят и предвычисления обстоятельств солнечных и лунных затмений, а также проблемы календаря.

Астрометрия делится на ряд подразделов. В сферической астрономии рассматриваются математические методы решения задач, связанных с видимым расположением и движением светил на *небесной сфере.* Фундаментальная астрометрия занимается установлением наиболее точной системы небесных координат. Практическая астрономия разрабатывает инструменты и способы определения времени, географических координат и азимутов направлений. Она тесно смыкается с задачами геодезии, навигации.

Астрометрия — древнейший раздел астрономии, и с первых шагов в древнем мире до начала XVIII в. содержание астрономии сводилось преимущественно к астрометрическим измерениям.

Составление первых звездных каталогов в Древнем Китае относится к IV в. до н. э. Древнегреческий астроном *Гиппарх* во II в. до н. э. составил каталог координат 850 звезд и, сравнив его с более ранними наблюдениями, открыл движение оси вращения Земли в пространстве, называемое прецессией (см. *Прецессия и нутация*). Постоянным стимулом для развития астрометрии в древности служили практические нужды человека, и прежде всего запросы мореплавания, так как из-за отсутствия компаса и механических часов навигация в открытом море осуществлялась исключительно по наблюдениям небесных светил.

В эпоху средневековья астрометрия получила широкое распространение на арабском

Востоке. Выдающимся наблюдателем XV в. был *Улугбек.* На исходе XVI в. датчанин *Т. Браге* выполнил измерения положений планеты Марс, обработав которые *И. Кеплер* открыл три закона движения планет. Позже в астрономии появились новые разделы — *небесная механика, звездная астрономия, астрофизика,* но они сохранили связь с астрометрией, которая остается для них важным источником фактических исходных данных.

В XIX в. в мире было несколько крупных астрометрических центров. Видное место среди них принадлежало *Пулковской обсерватории.* Астрономы разных стран единодушно признавали Пулково астрономической столицей мира. Именно Пулковская обсерватория была одной из первых, где в астрометрии стала применяться фотография.

В связи с неуклонным ростом точности наблюдений задачи астрометрии постоянно усложнялись. Было открыто *собственное движение звезд,* астрометристы научились измерять *параллаксы* звезд. При составлении каталогов пришлось учитывать исключительно сложное движение оси вращения Земли, создав *службу движения полюсов.* Открытие неравномерности вращения Земли поставило много новых задач перед *службой времени.*

Возможности современной астрометрии полнее всего иллюстрируются достигнутыми точностями угловых измерений. Так, погрешности координат звезд в современных каталогах, как правило, не превышают $\pm 0{,}1''$, а при изучении положения оси вращения Земли в пространстве и в теле Земли результаты наблюдений приближаются по точности к $\pm 0{,}01''$. Это значит, что положение географических полюсов фиксируется на поверхности Земли в каждый момент времени с погрешностью не более 30 см.

Астрометрия существенно обогатилась за счет использования достижений радиотехники. Одновременные наблюдения радиоисточников на *радиоинтерферометрах* уже сегодня дают возможность определять их положения на небесной сфере с угловыми ошибками не более $\pm 0{,}001''$. Астрометрические измерения с радиоинтерферометрами могут выполняться как для естественных радиоисточников, так и по специально установленным, например на поверхности Луны и планет, искусственным радиомаякам. Эта ветвь астрометрии выливается ныне в важную самостоятельную область исследований, которую называют радиоастрометрией.

Все более широкое применение находят лазерные дальномеры, используемые для локации Луны и искусственных спутников Земли. Это позволяет повысить точность, например, определения положения оси вращения Земли.

В современной астрометрии появились совершенно новые задачи, например проблема наблюдений быстро перемещающихся по небу искусственных спутников Земли. Во время длительных межпланетных полетов ориентация космических зондов выполняется по Солнцу, Земле, Луне, звездам. Приобрели большое значение астрометрические задачи, связанные с ориентировкой на поверхности Луны, Марса и других планет.

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ЕЖЕГОДНИКИ И КАЛЕНДАРИ

Астрономические ежегодники и календари — периодические издания астрономических учреждений или обществ, содержащие *эфемериды* небесных светил, информацию об астрономических явлениях и справочные данные. Эти издания предназначаются для астрономо-геодезических учреждений, навигации и любителей астрономии. Они позволяют составить программу наблюдений астрономических явлений и рассчитать момент их начала или конца.

Для астрономо-геодезических учреждений *Институт теоретической астрономии* АН СССР издает «Астрономический ежегодник СССР», в котором приводятся эфемериды *Солнца, Луны,* больших *планет,* средние и видимые места звезд, сведения о лунных и солнечных затмениях. Эфемериды тел *Солнечной системы* рассчитываются по математической теории движения этих тел. Последующее сравнение рассчитанных положений с наблюденными позволяет уточнять теорию движения этих тел и углублять наши знания о строении Солнечной системы. «Астрономический ежегодник СССР» издается с 1922 г.

Для любителей астрономии *Всесоюзным астрономо-геодезическим обществом* издается «Астрономический календарь», содержащий эфемериды Солнца, Луны, больших и некоторых ярких *малых планет,* ярких *комет,* координаты *переменных звезд,* сведения о запущенных *искусственных спутниках* Земли. В «Астрономическом календаре» публикуются обзорные статьи о главных успехах астрономии. Этот календарь составляется на основе данных, публикуемых в «Астрономическом ежегоднике СССР». Эпизодически издается постоянная часть «Астрономического календаря», содержащая инструкции для наблюдения различных астрономических явлений и некоторые часто используемые таблицы. «Астрономический календарь» издается с 1895 г. и до 1934 г. назывался «Русским астрономическим календарем».

Для обсерваторий, ведущих систематические наблюдения малых планет, Институтом теоретической астрономии АН СССР издается ежегодник «Эфемериды малых планет».

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ЗНАКИ

Астрономические знаки — условные обозначения *Солнца, Луны, планет,* зодиакальных созвездий, а также противостояний, соединений планет, фаз Луны и т. п. Знаки применяются в астрономической литературе, ежегодниках и календарях (см. табл.). Некоторые знаки используются для обозначения дней недели и месяцев.

Знаки тел Солнечной системы

Солнце	☉	Сатурн	♄
Луна	☾	Уран	♅
Меркурий	☿	Нептун	♆
Венера	♀	Плутон	♇ или ♇
Земля	♁ или ⊕	Комета	☄
Марс	♂	Астероид № 5	⑤
Юпитер	♃		

Знаки зодиакальных созвездий

♈	Овен (а также точка весеннего равноденствия)	♎	Весы (а также точка осеннего равноденствия)
♉	Телец	♏	Скорпион
♊	Близнецы	♐	Стрелец
♋	Рак (а также точка летнего солнцестояния)	♑	Козерог (а также точка зимнего солнцестояния)
♌	Лев (а также знак восходящего узла орбиты)	♒	Водолей
♍	Дева	♓	Рыбы

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИБОРЫ

Астрономические инструменты и приборы — оптические *телескопы* с разнообразными приспособлениями и приемниками излучения, *радиотелескопы,* лабораторные измерительные приборы и другие технические средства, служащие для проведения и обработки астрономических наблюдений.

Вся история астрономии связана с созданием новых инструментов, позволяющих повысить точность наблюдений, возможность вести исследования небесных светил в диапазонах электромагнитного излучения (см. *Электромагнитное излучение небесных тел*), недоступных невооруженному человеческому глазу.

Первыми еще в далекой древности появились угломерные инструменты. Самый древ-

КАК СДЕЛАТЬ АСТРОЛЯБИЮ

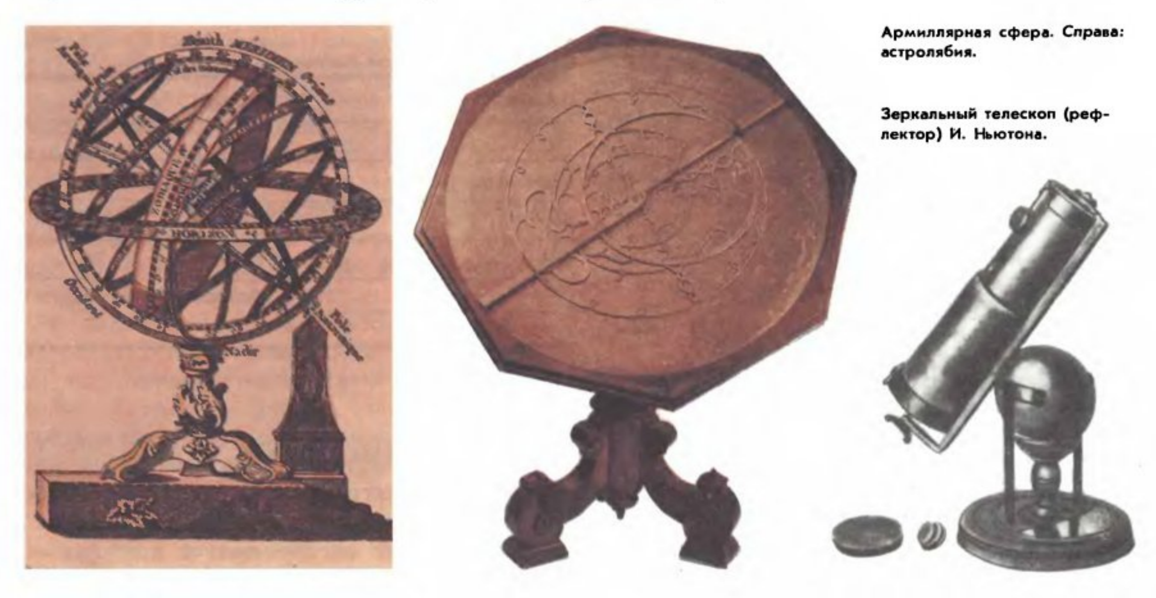


Астролябию для измерения горизонтальных углов и определения азимутов светил вы можете сделать, имея компас и транспортир. Остальные необходимые детали, чтобы не искажать показания компаса, нужно изготавливать из подручных немагнитных материалов.

Вырежьте диск из многослойной фанеры, текстолита или оргстекла. Диаметр диска должен быть таким, чтобы на нем разместилась круговая шкала (лимб) из транспортиров и за ней оставалось бы свободное поле шириной 2—3 см. Если у вас есть, например, самые маленькие из выпускаемых транспортиров с дугой диаметром 7,5 см, то понадобится диск поперечником 14—15 см.

Другая важная деталь будущей астролябии — визирная планка. Ее вы сможете изготовить из полоски латуни или дюралюминия шириной 2—3 см и длиной, превышающей поперечник диска на 5—6 см. Выступающие за край диска концы полоски изогните под прямым углом вверх и пропилите в них продолговатые или круговые визирные отверстия. На горизонтальной части планки симметрично центру проделайте две более широкие прорези, чтобы через них можно было видеть показания лимба. Готовую к монтажу визирную планку ее серединой с помощью болта, шайб и гаек прикрепите к центру диска так, чтобы она могла вращаться в горизонтальной плоскости. На визирную планку по центру укрепите компас. Для этого, как и для установки круговой шкалы, используйте имеющиеся в продаже высококачественные универсальные клеи. Лимб вы можете составить из двух транспортиров (школьные транспортиры изготовляются из легкого немагнитного материала).





Армиллярная сфера. Справа: астролябия.

Зеркальный телескоп (рефлектор) И. Ньютона.



Телескоп И. Кеплера.

ний из них — это гномон, вертикальный стержень, отбрасывающий солнечную тень на горизонтальную плоскость. Зная длину гномона и тени, можно определить высоту Солнца над горизонтом.

К старинным угломерным инструментам принадлежат и квадранты. В простейшем варианте квадрант — плоская доска в форме четверти круга, разделенного на градусы. Вокруг его центра вращается подвижная линейка с двумя диоптрами.

Широкое распространение в древней астрономии получили армиллярные сферы — модели небесной сферы с ее важнейшими точками и кругами: полюсами и осью мира, меридианом, горизонтом, небесным экватором и эклиптикой. В конце XVI в. лучшие по точности и изяществу астрономические инструменты изготовлял датский астроном *Т. Браге.* Его армиллярные сферы были приспособлены для измерения как горизонтальных, так и экваториальных координат светил.

Коренной переворот в методах астрономических наблюдений произошел в 1609 г., когда итальянский ученый *Г. Галилей* применил для обозрения неба зрительную трубу и сделал первые телескопические наблюдения. В совершенствовании конструкций телескопов-*рефракторов,* имеющих линзовые объективы, большие заслуги принадлежат *И. Кеплеру.*

Первые телескопы были еще крайне несовершенны, давали нечеткое изображение, окрашенное радужным ореолом.

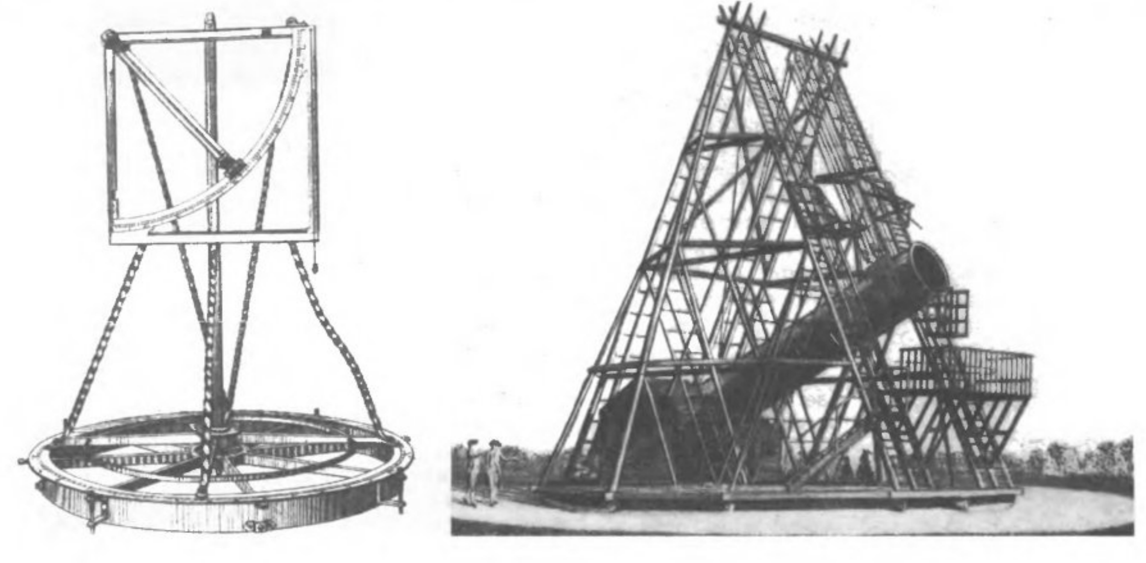
Избавиться от недостатков пытались, увеличивая длину телескопов. Однако наиболее эффективными и удобными оказались ахроматические телескопы-рефракторы, которые начали изготовляться с 1758 г. Д. Доллондом в Англии.

В 1668 г. *И. Ньютон* построил телескоп-*рефлектор,* который был свободен от многих оптических недостатков, свойственных рефракторам. Позже совершенствованием этой системы телескопов занимались *М. В. Ломоносов* и *В. Гершель.* Последний добился особенно больших успехов в сооружении рефлекторов. Постепенно увеличивая диаметры изготавливаемых зеркал, В. Гершель в 1789 г. отшлифовал для своего телескопа самое большое зеркало (диаметром 122 см). В то время это был величайший в мире рефлектор.

В XX в. получили распространение *зеркально-линзовые телескопы,* конструкции которых были разработаны немецким оптиком Б. Шмидтом (1931) и советским оптиком Д. Д. Максутовым (1941).

Гигантский телескоп Я. Гевелия.

Внизу слева: квадрант для определения высот небесных светил; справа: 40-футовый телескоп-рефлектор В. Гершеля.



В 1974 г. закончилось строительство самого большого в мире советского зеркального телескопа с диаметром зеркала 6 м. Этот телескоп установлен на Кавказе — в *Специальной астрофизической обсерватории.* Возможности нового инструмента огромны. Уже опыт первых наблюдений показал, что этому телескопу доступны объекты 25-й звездной величины, т. е. в миллионы раз более слабые, чем те, которые наблюдал Галилей в свой телескоп.

Современные астрономические инструменты используются для измерения точных положений светил на небесной сфере (систематические наблюдения такого рода позволяют изучать движения небесных светил); для определения скорости движения небесных светил вдоль луча зрения (лучевые скорости); для вычисления геометрических и физических характеристик небесных тел; для изучения физических процессов, происходящих в различных небесных телах; для определения их химического состава и для многих других исследований небесных объектов, которыми занимается астрономия.

К числу астрометрических инструментов относятся *универсальный инструмент* и близкий к нему по конструкции теодолит; *меридианный круг,* используемый для составления точных каталогов положений звезд; *пассажный инструмент,* служащий для точных определений моментов прохождения звезд через меридиан места наблюдений, что нужно для *службы времени.*

Для фотографических наблюдений используются *астрографы.*

Для астрофизических исследований нужны телескопы со специальными приспособлениями, предназначенными для спектральных *(объективная призма, астроспектрограф),* фотометрических *(астрофотометр),* поляриметрических и других наблюдений.

Повысить проницающую силу телескопа удается путем применения в наблюдениях телевизионной техники (см. *Телевизионный телескоп*), а также *фотоэлектронных умножителей.*

Созданы инструменты, позволяющие вести наблюдения небесных тел в различных диапазонах электромагнитного излучения, в том числе и в невидимом диапазоне. Это *радиотелескопы* и *радиоинтерферометры,* а также инстру-

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ГРАБЛИ



Свое название этот простой самодельный инструмент для измерения углов на небе получил за внешнее сходство с садовыми граблями.

Возьмите две дощечки длиной 60 и 30 см, шириной 4 см и толщиной 1—1,5 см. Поверхность их тщательно обработайте, например, с помощью мелкоабразивной шкурки, а затем скрепите обе дощечки между собой в форме буквы Т.

К свободному торцу более длинной дощечки прикрепите визир — небольшую металлическую или пластмассовую пластинку с отверстием. Приняв за центр окружности визирное отверстие, проведите на плоскости меньшей дощечки дугу радиусом 57,3 см с помощью шнура соответствующего размера. Один его конец прикрепите к визиру, а к другому концу привяжите карандаш. Вдоль прочерченной дуги укрепите ряд зубьев (штифтов) на расстоянии 1 см друг от друга. В качестве штифтов используйте булавки или тонкие гвоздики, пробитые с нижней стороны дощечки (для безопасности гвоздики следует затупить напильником). Два штифта, отстоящие друг от друга на 1 см, при рассмотрении через визирное отверстие с расстояния 57,3 см видны на угловом расстоянии в 1°. Всего надо укрепить 21 или 26 штифтов, что будет соответствовать наибольшему доступному для измерений углу 20° или 25°. Для удобства пользования инструментом первый, шестой и т. д. зубья сделайте выше остальных. Более высокие зубья отметят интервалы в 5°. Размер визирного отверстия должен быть таким, чтобы сквозь него можно было видеть все штифты одновременно.

Чтобы ваши астрономические грабли имели более приятный внешний вид, покрасьте их масляной краской. Штифты сделайте белыми — так они будут лучше видны вечером. Меньшую дощечку раскрасьте светлыми и темными полосками шириной 5 см каждая. Их границами должны быть высокие штифты. Это также облегчит работу с инструментом в темное время суток.

Прежде чем воспользоваться астрономическими граблями для наблюдения небесных объектов, испытайте их для определения угловых размеров и расстояний между земными предметами в дневное время.

Вы выполните более точные угловые измерения, если сделаете цену деления 0,5°. Для этого либо зубья ставьте на расстоянии 0,5 см друг от друга, либо увеличьте в 2 раза длину большей дощечки. Правда. пользоваться астрономическими граблями с ручкой столь большой длины менее удобно.

менты, применяемые в *рентгеновской астрономии, гамма-астрономии,* инфракрасной астрономии.

Для наблюдений некоторых астрономических объектов разработаны специальные конструкции инструментов. Таковы *солнечный телескоп,* коронограф (для наблюдений солнечной короны), кометоискатель, *метеорный патруль, спутниковая фотографическая камера* (для фотографических наблюдений спутников) и многие другие.

В ходе *астрономических наблюдений* получают ряды чисел, астрофотографии, спектрограммы и другие материалы, которые для окончательных результатов должны быть подвергнуты лабораторной обработке. Такая обработка ведется с помощью лабораторных измерительных приборов.

Для измерения положений изображений звезд на астрофотографиях и изображений искусственных спутников относительно звезд на спутникограммах служат *координатно-измерительные машины.* Для измерения почернений на фотографиях небесных светил, спектрограммах служат *микрофотометры.*

Важный прибор, необходимый для наблюдений, — *астрономические часы.*

При обработке результатов астрономических наблюдений используются электронные вычислительные машины.

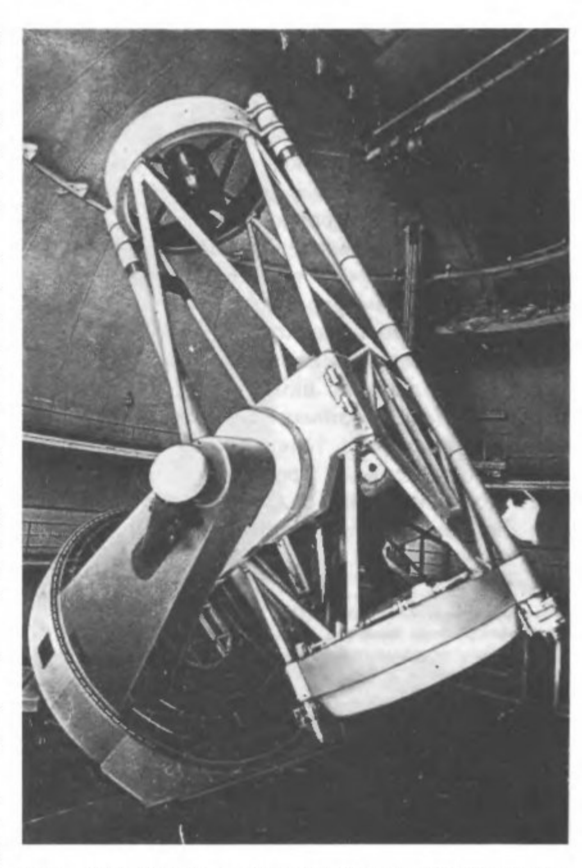
Существенно обогатила наши представления о Вселенной *радиоастрономия,* зародившаяся в начале 30-х гг. нашего столетия. В 1943 г. советские ученые Л. И. Мандельштам и Н. Д. Папалекси теоретически обосновали возможность радиолокации Луны. Радиоволны, посланные человеком, достигли Луны и, отразившись от нее, вернулись на Землю. 50-е гг. XX в. — период необыкновенно быстрого развития радиоастрономии. Ежегодно радиоволны приносили из космоса новые удивительные сведения о природе небесных тел.

Сегодня радиоастрономия использует самые чувствительные приемные устройства и самые большие антенны. Радиотелескопы проникли в такие глубины космоса, которые пока остаются недосягаемыми для обычных оптических телескопов. Перед человеком раскрылся радиокосмос — картина Вселенной в радиоволнах.

Астрономические инструменты для наблюдений устанавливают на *астрономических обсерваториях.* Для строительства обсерваторий выбирают места с хорошим астрономическим климатом, где достаточно велико количество ночей с ясным небом, где атмосферные условия благоприятствуют получению хороших изображений небесных светил в телескопах.

Атмосфера Земли создает существенные помехи при астрономических наблюдениях. Постоянное движение воздушных масс размывает, портит изображение небесных тел, поэтому в наземных условиях приходится применять телескопы с ограниченным увеличением (как правило, не более чем в несколько сотен раз). Из-за поглощения земной атмосферой ультрафиолетовых и большей части длин волн инфракрасного излучения теряется огромное количество информации об объектах, являющихся источниками этих излучений.

Телескоп-рефлектор с диаметром зеркала 2,6 м Крымской астрофизической обсерватории.



В горах воздух чище, спокойнее, и поэтому условия для изучения Вселенной там более благоприятные. По этой причине еще с конца XIX в. все крупные астрономические обсерватории сооружались на вершинах гор или высоких плоскогорьях. В 1870 г. французский исследователь П. Жансен использовал для наблюдений Солнца воздушный шар. Такие наблюдения проводятся и в наше время. В 1946 г. группа американских ученых установила спектрограф на ракету и отправила ее в верхние слои атмосферы на высоту около 200 км. Следующим этапом заатмосферных наблюдений было создание орбитальных астрономических обсерваторий (ОАО) на *искусственных спутниках* Земли. Такими обсерваториями, в частности, являются советские *орбитальные станции* «Салют».

Орбитальные астрономические обсерватории разных типов и назначений прочно вошли в практику современных исследований космического пространства.

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Солнце, Луна, планеты, кометы, звезды, туманности, галактики, отдельные небесные тела и системы таких тел изучаются в *астрономии.* Разнообразны задачи, стоящие перед астрономами, а в связи с этим разнообразны и методы астрономических наблюдений, доставляющих основной материал для решения этих задач.

Уже в глубокой древности начались наблюдения с целью определения положений светил на небесной сфере. Сейчас этим занимается астрометрия. Измеренные в результате таких наблюдений *небесные координаты* звезд разных типов, звездных скоплений, галактик сводятся в каталоги, по ним составляются звездные карты (см. *Звездные каталоги, карты и атласы*). Повторяя в течение более или менее длительного периода времени наблюдения одних и тех же небесных тел, вычисляют *собственные движения звезд,* тригонометрические *параллаксы* и др. Эти данные также публикуются в каталогах.

Составленные таким образом звездные каталоги используются как в практических целях — при астрономических наблюдениях движущихся небесных тел (планет, комет, искусственных космических объектов), при работах *службы времени, службы движения полюсов,* в геодезии, навигации и др., так и при разного рода научно-исследовательских работах. К числу последних относятся, в частности, исследования структуры *Галактики,* происходящих в ней движений, чем занимается *звездная астрономия.*

Систематические астрометрические наблюдения планет, комет, астероидов, искусственных космических объектов доставляют материал для изучения законов их движения, составления эфемерид, для решения других задач *небесной механики, астродинамики, геодезии, гравиметрии.*

К астрометрическим наблюдениям можно отнести также и вошедшие в практику в последние десятилетия дальномерные наблюдения небесных светил. С помощью лазерных дальномеров с высокой точностью определяются расстояния до искусственных спутников Земли



Юные астрономы Московского городского Дворца пионеров и школьников готовятся к наблюдениям Солнца.



Знакомство со школьным телескопом.

(см. *Лазерный спутниковый дальномер*), до Луны.

Методы *радиолокационной астрономии* дают возможность определять расстояния и даже изучать профили Луны, *Венеры, Меркурия* и т. п.

Другим типом астрономических наблюдений является непосредственное изучение вида таких небесных тел, как Солнце, Луна, ближайшие планеты, галактические туманности, галактики и др. Наблюдения этого типа стали развиваться после изобретения телескопа. Вначале наблюдения велись визуально: небесные светила рассматривались глазом и увиденное зарисовывалось. Позже стала использоваться фотография. Фотографические методы имеют неоспоримое преимущество перед визуальными: фотографии можно детально измерять в спокойной лабораторной обстановке; в случае необходимости их можно повторить, да и вообще фотография является объективным документом, в то время как в визуальные наблюдения наблюдатель вносит много субъективного. Кроме того, фотографическая пластинка, в отличие от глаза, накапливает приходящие от источника фотоны и потому позволяет получать снимки слабых объектов.

На рубеже XIX и XX вв. зародились и стали быстро развиваться астрофизические методы наблюдений, в основе которых лежит анализ электромагнитного излучения небесного светила, собранного телескопом. Для такого анализа используются различные светоприемники и другие приспособления.

С помощью *астрофотометров* разного типа регистрируют изменения блеска небесных светил и таким путем обнаруживают *переменные звезды,* определяя их тип, *двойные звезды,* в сочетании с результатами других наблюдений делают определенные заключения о процессах, происходящих в звездах, туманностях и т. д.



Широкую информацию о небесных светилах дают спектральные наблюдения. По распреде-



Члены Крымского общества юных любителей астрономии ведут наблюдения метеоров с помощью полевых биноклей.

АСТРОНОМИЧЕСКАЯ НАБЛЮДАТЕЛЬНАЯ ПЛОЩАДКА

Астрономическую площадку устраивайте в таком месте, которое защищено от постороннего света (уличное освещение, освещение от жилых домов, от автотранспорта), обеспечивает хороший обзор звездного неба. Так, для наблюдений серебристых облаков горизонт на северо-западе, севере и северо-востоке должен быть закрыт не более чем на 5°; при поисках комет он может закрываться на западе, юге и востоке также до 5°. При всех других видах наблюдений он может быть закрыт до 10—15°.

Телескоп и другие оптические и фотографические приборы лучше установить на специальных фундаментах или штативах. Они обеспечат устойчивость инструментов, их можно будет быстро установить. Освещенность рабочих мест — подсветка креста нитей в гиде при проведении фотографических наблюдений, подсветка при выполнении записей, при работе с картами и атласами осуществляется от батареек для карманного фонарика. Если в вашем распоряжении появится инструмент с электрическим приводом, то подводка высоковольтного напряжения обязательно выполняется специалистом-электриком.

Штативом для телескопа вам послужит деревянный столб (или стальные трубы диаметром 10—15 см), врытый в землю на 1 м. Если у вас есть школьный телескоп, то на верхнем торце столба закрепите конусную ось со стандартного штатива этого телескопа. Такой штатив гораздо удобнее в работе, чем тренога школьного телескопа. В том случае, когда в качестве штатива вы используете стальную трубу, ее полость засыпьте песком или залейте бетоном, а в верхнюю часть трубы забейте деревянную пробку (высотой 15—20 см). К ней вы легко прикрепите конусную ось штатива школьного телескопа.

Астрограф также устанавливайте на специально сделанном штативе. Высота его зависит от вашего роста и конструкции астрографа. Выбирайте ее такой, чтобы было удобно гидировать во время фотографирования звездного неба. Площадка штатива должна иметь гнезда, пазы или другие приспособления для фиксирования астрографа в плоскости центрального меридиана. Это позволит вам располагать астрограф в строго фиксированном положении на штативе и избавит вас от необходимости каждый раз производить его установку. Сама по себе эта операция отнимает много времени.

Метеорный патруль устанавливайте на штативе высотой 80—100 см, кирпичном или бетонном столбике с длиной сторон площадки, несколько превышающей диаметр или длину сторон базы метеорного патруля.

Визуальные наблюдения метеоров по программе «счет метеоров» проводятся в положении наблюдателя «лежа на спине», поэтому сделайте на своей наблюдательной площадке деревянный настил, возвышающийся на 15—20 см над землей. Настил ориентируйте в направлении на север—юг. Металлический круг диаметром 80—100 см над настилом ограничивает наблюдаемую область неба. Круг должен быть поднят на такую высоту над настилом, чтобы ограничиваемая им область неба не превышала 60°.

Во время проведения наблюдений или при подготовке к ним вам понадобится работать с картами и атласами звездного неба, с картами Луны. Для этой цели необходимо иметь на площадке столик (столб со столешницей размером примерно 60×60 см).

На астрономической площадке установите гномон, солнечные часы, армиллярную сферу.



лению энергии в непрерывном спектре (см. *Электромагнитное излучение небесных тел*), по виду, ширине и другим характеристикам спектральных линий и полос судят о температуре, химическом составе звезд и других небесных светил, о движениях вещества в них, об их вращении, о наличии магнитных полей, наконец, о стадии их эволюционного развития и о многом другом. Измерения смещения спектральных линий вследствие эффекта Доплера позволяют определять *лучевые скорости* небесных тел, которые используются при разнообразных астрономических исследованиях.

При астрофизических наблюдениях широко используются *электронно-оптические преобразователи, фотоэлектронные умножители,* электронные камеры, телевизионная техника (см. *Телевизионный телескоп*), позволяющие значительно увеличить проницающую силу телескопов, расширить диапазон воспринимаемого телескопом электромагнитного излучения небесных тел.

Астрономические наблюдения в радиодиапазоне электромагнитного излучения ведутся с помощью *радиотелескопов.* Специальная аппаратура используется для регистрации инфракрасного и ультрафиолетового излучения, для нужд *рентгеновской астрономии* и *гамма-астрономии.* Качественно новые результаты получают с помощью астрономических наблюдений, выполняемых с борта космических аппаратов (так называемая внеатмосферная астрономия).

Большинство описанных астрономических наблюдений выполняется на *астрономических обсерваториях* специально подготовленными научными и техническими работниками. Но отдельные виды наблюдений доступны и любителям астрономии.

Юные астрономы могут проводить наблюдения для расширения кругозора, для приобретения опыта научно-исследовательских работ. Но многие виды правильно организованных наблюдений, выполняемых в точном соответствии с инструкциями, могут иметь и существенное научное значение.

Школьным астрономическим кружкам доступны следующие астрономические наблюдения:

1. Исследования солнечной активности с помощью школьного телескопа-рефрактора (помните, что смотреть на Солнце без темного фильтра ни в коем случае нельзя!).
2. Наблюдения Юпитера и его спутников с зарисовкой деталей в полосах Юпитера, Красного пятна.
3. Поиски комет с помощью светосильных оптических инструментов с достаточно большим полем зрения.
4. Наблюдения серебристых облаков, изучения частоты их появления, формы и т. п.
5. Регистрация метеоров, счет их количества, определение радиантов.
6. Исследования переменных звезд — визуально и на фотографиях звездного неба.
7. Наблюдения солнечных и лунных затмений.
8. Наблюдения искусственных спутников Земли.

Инструкции для организации наблюдений можно найти среди книг, перечисленных в списке рекомендованной литературы. Ряд практических советов приведен в словаре.

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ОБСЕРВАТОРИИ

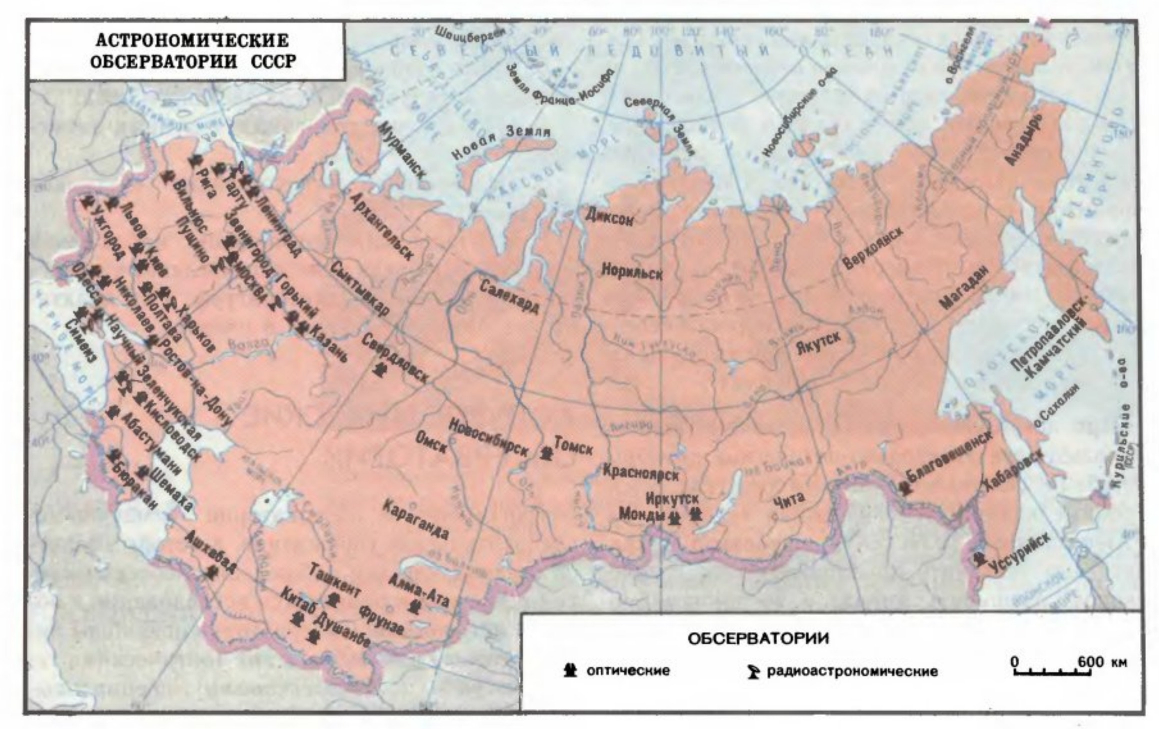
Астрономические обсерватории — научно-исследовательские учреждения, в которых ведутся систематические наблюдения небесных светил и явлений и проводятся исследования в области *астрономии.* Обсерватории оснащены инструментами для наблюдений (оптическими *телескопами* и *радиотелескопами*), специальными лабораторными приборами для обработки результатов наблюдений: астрофотографий, спектрограмм, записей астрофотометров и других приспособлений, регистрирующих различные характеристики изучения небесных светил, и т. п.

Создание первых астрономических обсерваторий теряется в глубине веков. Древнейшие обсерватории были построены в Ассирии, Вавилоне, Китае, Египте, Персии, Индии, Мексике, Перу и некоторых других государствах несколько тысячелетий назад. Древние египетские жрецы, которые были по существу и первыми астрономами, вели наблюдения с плоских площадок, специально сделанных на вершинах пирамид.

В Англии были обнаружены остатки удивительной астрономической обсерватории, сооруженной еще в каменном веке, — Стоунхендж. «Инструментами» для наблюдений на этой обсерватории, которая была одновременно и храмом, служили каменные плиты, установленные в определенном порядке.

Еще одна древнейшая обсерватория была открыта недавно на территории Армянской ССР, неподалеку от Еревана. По мнению археологов, обсерватория эта была построена около 5 тыс. лет назад, задолго до образования Урарту — первого государства, возникшего на территории нашей страны.

Выдающуюся для своего времени обсерваторию построил в XV в. в Самарканде великий узбекский астроном *Улугбек.* Главным инструментом обсерватории был гигантский квадрант для измерения угловых расстояний звезд и других светил. На этой обсерватории при непосредственном участии Улугбека был составлен знаменитый каталог, в котором содержались координаты 1018 звезд, определенных с



АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ПАВИЛЬОН

Астрономическую башню с куполом соорудить непросто. Но для установки относительно небольших астрономических приборов достаточно построить астрономический павильон. Он может иметь крышу, откатывающуюся по направляющим в горизонтальной плоскости (рис. 1), или крышу, которая по наклонным направляющим скатывается на две стороны (рис. 2). Павильон обеспечивает обзор звездного неба во всех направлениях, что особенно важно при обзорных наблюдениях звездного неба, при поисках комет, при визуальных наблюдениях переменных звезд. Нетрудно построить павильон размером 2,5×5,0 м для 2 инструментов (два телескопа, телескоп и астрограф и т. п.). Такой павильон лучше всего сделать с крышей, которая по горизонтальным направлениям будет раздвигаться в две противоположные стороны.

Простейший павильон — это небольшая будка (рис. 3), которая на время наблюдений откатывается в сторону по направляющим. Она предохраняет инструмент от повреждений, влаги, снега и пыли; удобна для стационарной установки метеорного патруля или небольшого телескопа.

Аппаратура для наблюдения серебристых облаков устанавливается в павильоне, где крыша неподвижна, а открывается (на шарнирах) или откатывается в сторону стена павильона, обращенная на север. Здесь вы можете установить фотокамеру для покадровой киносъемки серебристых облаков, теодолит, группу фотоаппаратов для панорамной съемки облаков и т. п.

Любые инструменты в павильоне (так же как и в астрономической башне) устанавливаются на фундаментах, изолированных от пола и углубленных в землю не менее чем на 1 м. Фундамент делайте из бетона или кирпича. Вы можете также вкопать 4 деревянных бруса, обшить их



невиданной до того точностью. В течение долгого времени этот каталог считался лучшим в мире.

Первые обсерватории современного типа стали строиться в Европе в начале XVII в., после того как был изобретен телескоп. Первая большая государственная обсерватория была построена в Париже в 1667 г. Вместе с квадрантами и другими угломерными инструментами древней астрономии здесь использовались большие телескопы-рефракторы с фокусным расстоянием 10, 30 и 40 м. В 1675 г. начала свою деятельность Гринвичская обсерватория в Англии.

К концу XVIII в. число обсерваторий во всем мире достигло 100, к концу XIX в. их стало уже около 400. В настоящее время на земном шаре работает более 500 астрономиче-

доской, а внутренность заполнить битым кирпичом, галькой или песком. Это придаст необходимую массу фундаменту. Верх покройте толстой доской.

Крыша вашего павильона должна быть жесткой и в то же время легкой; тогда она станет свободно перемещаться. Основание крыши (раму) сделайте из бруса или сколотите между собой доски толщиной 40—50 мм.

Брусья соедините между собой в шип, а место соединения скрепите болтами. В брусьях основания, отступив на 70—80 см от места их соединения, проделайте пазы под углом 45°. В них вложите и прибейте брусочки. Четыре таких брусочка (по числу углов основания) придадут крыше необходимую жесткость. Скаты крыши выполните в виде обрешетки, покройте фанерой и приклейте эпоксидной смолой стеклоткань. Направляющие (рис. 1, 2) также изготовьте из бруса. К ним шурупами крепится уголок, тавр или же стальной пруток, стальная труба диаметром 10—15 мм, а к основанию крыши крепятся каточки (рис. 4). При длине крыши 2—3 м достаточно будет поставить по два каточка на каждую сторону основания. При более длинной крыше, чтобы она не провисала, добавьте еще по одному каточку.

В том случае, когда у вас правильно будут выставлены направляющие, а крыша получится легкой и жесткой, вы сможете двигать ее по горизонтальным направляющим вручную. Откатывающуюся по наклонным направляющим крышу раздвигайте и закрывайте при помощи самодельной ручной лебедки с храповиком. Составляя проект павильона, стремитесь к тому, чтобы его габариты (высота, ширина, длина) для данного инструмента были оптимальными — в маленьком павильоне вам будет неудобно работать, а слишком просторный павильон приведет к утяжелению крыши и увеличению количества строительного материала.

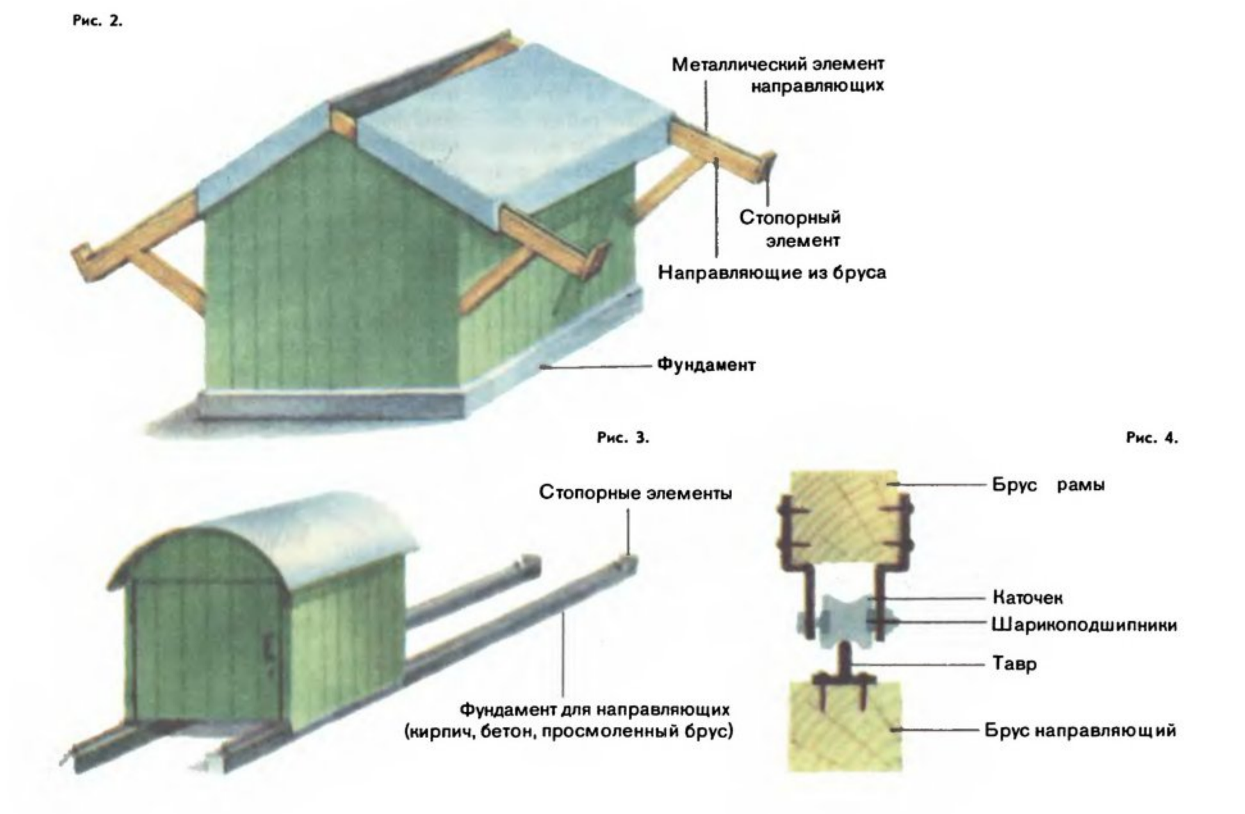
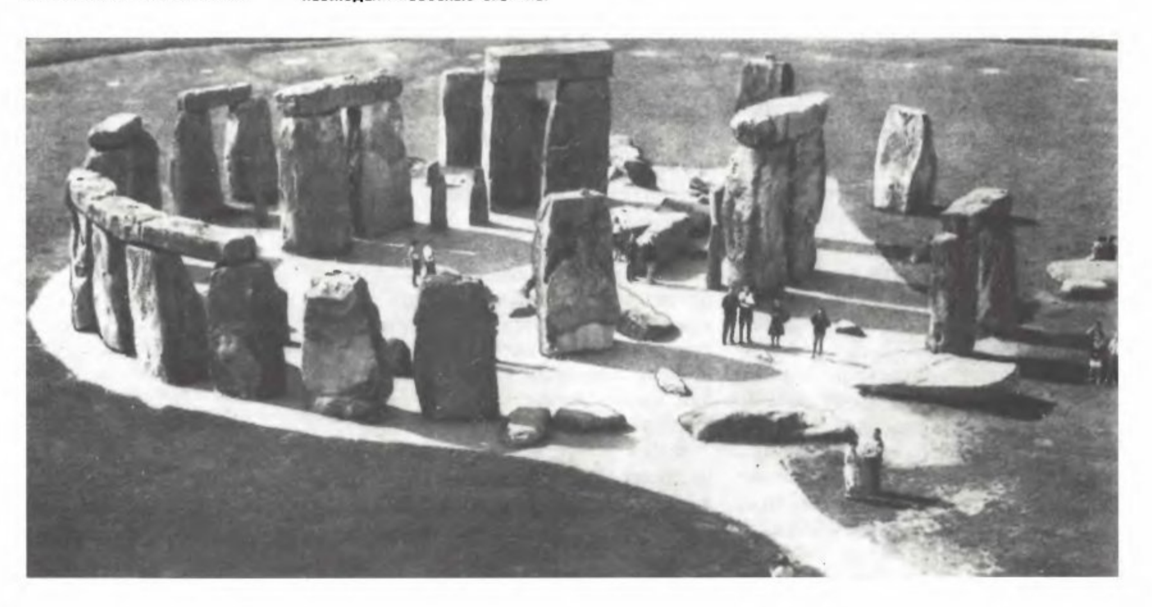


Рис. 2.

Рис. 3.

Рис. 4.

Стоунхендж — обсерватория, построенная еще в каменном веке. Гигантские каменные столбы Стоунхенджа служили визирами, через которые наблюдали небесные светила.



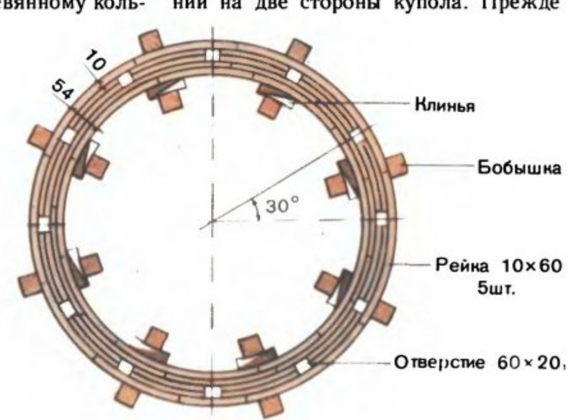
КУПОЛ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ БАШНИ

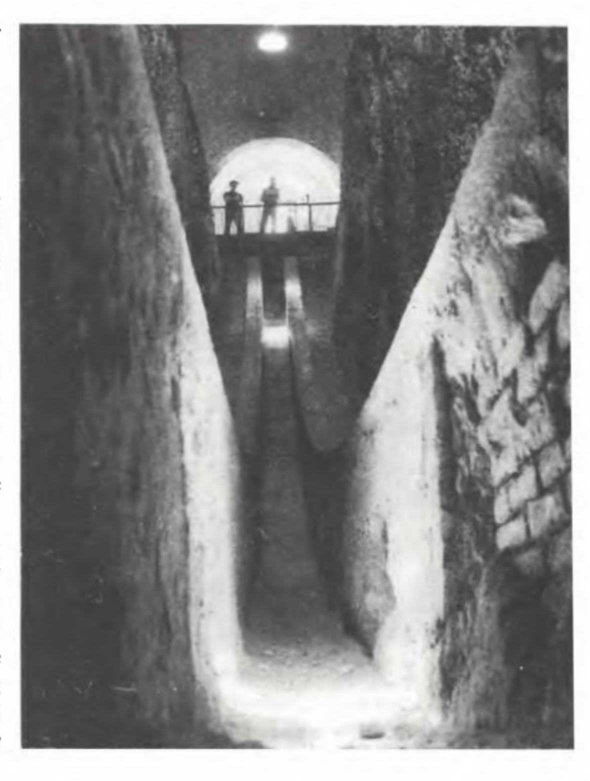


Если вам необходима башня для астрономического инструмента, купол для нее легче построить в форме шатра, чем полусферический. Основные его элементы — два кольца. Как их сделать, видно из рисунков. Материалом для них служат рейки из сырой древесины шириной 60—80 мм и толщиной 10 мм. Просушив в течение 2—3 дней кольца на солнце, выбивайте клинья и вынимайте из шаблона. Затем наружные чурбачки перебейте на новый диаметр окружности так, чтобы можно было увеличить толщину первого кольца на две рейки (в нашем случае на 20 мм). Эти две дополнительные рейки сделайте по высоте на 10—20 мм меньше остальных пяти реек. Третью рейку второго кольца изготовьте на 5—6 мм ниже по высоте остальных реек. В образовавшийся паз вложите по окружности стальной пруток или трубку диаметром 10—12 мм и прикрепите это металлическое кольцо шурупами впотай к деревянному кольцу. Второе кольцо с металлическим вкладышем является нижним в конструкции купола; оно будет обкатываться по металлическим каткам, установленным на поясе астрономической башни.

Оба кольца связываются между собой деревянными брусочками, которые вклеиваются в пазы и прикручиваются шурупами. После того как вы построили «скелет» цилиндрической части, приступайте к изготовлению конической крыши. Делать слишком острым конус не следует, Наклон его граней должен быть достаточным лишь для того, чтобы скатывалась дождевая вода и не задерживался на них снег. Конусная часть купола наиболее трудна в изготовлении, так как нужно сочленить в вершине шатра 12 ребер (брусочков), два из которых от верхнего кольца цилиндра до вершины конуса идут паралельно друг другу и в вершине соединяются брусочком, образуя П-образную фигуру. Этот брусочек в свою очередь крепится к месту сочленения остальных 10 брусьев, а также к самим брусочкам таким образом, чтобы П-образная грань была жестко зафиксирована на конусной части купола. Для наблюдений зенитной области неба верхний брус П-образной грани (а следовательно, и место сочленения ребер) сместите на 10—15 см за вершину купола.

П-образная фигура и находящаяся под ней грань цилиндра образуют наблюдательную щель купола. Сконструируйте и закрепите в этих гранях две двустворчатые дверцы, которые можно открывать во время наблюдений на две стороны купола. Прежде




Квадрант обсерватории Улугбека.

ских обсерваторий, подавляющее большинство которых расположено в северном полушарии.

В России первой астрономической обсерваторией была частная обсерватория А. А. Любимова в Холмогорах близ Архангельска (1692). В 1701 г. обсерватория при Навигацкой школе открылась в Москве. В 1839 г. была основана знаменитая Пулковская обсерватория под Петербургом, которую благодаря совершенным инструментам и высокой точности наблюдений называли в середине XIX в. астрономической столицей мира. По совершенству оборудования обсерватория сразу же заняла одно из первых мест в мире.

В Советском Союзе астрономические наблюдения и исследования ведутся сейчас более чем в 30 астрономических обсерваториях и институтах, оснащенных самым современным оборудованием, в том числе крупнейшим в мире телескопом с диаметром зеркала 6 м. Среди ведущих советских обсерваторий — Главная астрономическая обсерватория АН СССР

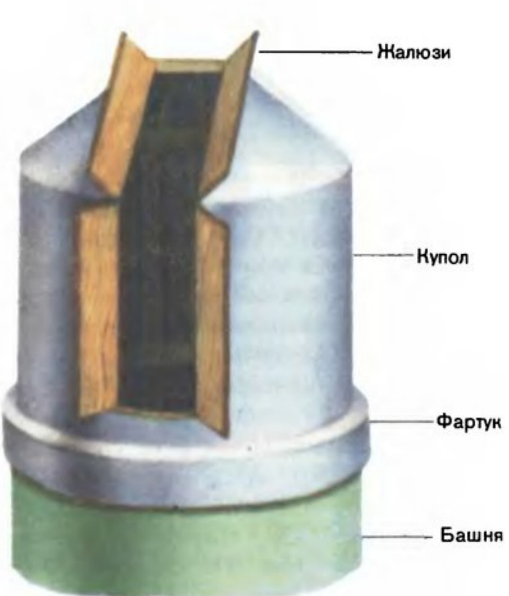
чем приступать к строительству купола, промоделируйте на макете сборку конуса.

«Скелет» цилиндра и конуса обшейте фанерой, обклейте стеклотканью, взяв в качестве клея эпоксидную смолу, покрасьте «серебряной» краской.

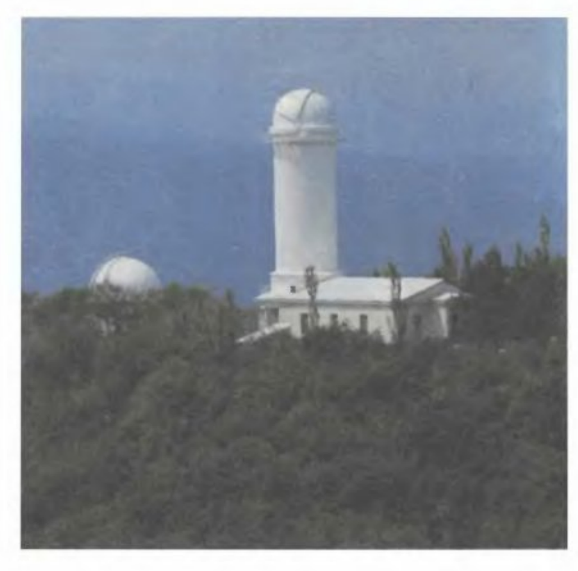
К нижнему кольцу прибейте фанеру и также обклейте стеклотканью. Кольцевой пояс фанеры (так называемая «юбка») предохранит купол от попадания в него снега, пыли, дождевой воды. Его диаметр должен быть несколько больше наружного диаметра башни. На верхнем поясе башни установите 8 металлических каточков диаметром 50—60 мм. Если в каждый каточек с двух сторон вы впрессуете шарикоподшипники, то сможете вручную, без особых усилий вращать купол. Кроме того, сконструируйте и установите на поясе башни 4—6 опорных катков; они предотвратят сползание купола с основных катков.

Диаметр купола, его высоту, высоту самой башни и уровень пола в башне относительно ее верхнего пояса определите в зависимости от размеров телескопа, типа штатива, оптической схемы телескопа.





Крымская астрофизическая обсерватория. Башня солнечного телескопа.



Башня телескопа Ондржейовской обсерватории в Чехословацкой Социалистической Республике.



(Пулковская обсерватория), *Специальная астрофизическая обсерватория АН СССР* (около станицы Зеленчукской на Северном Кавказе), *Крымская астрофизическая обсерватория* АН СССР, *Главная астрономическая обсерватория АН УССР*, *Бюраканская астрофизическая обсерватория* АН Армянской ССР, *Абастуманская астрофизическая обсерватория* АН Грузинской ССР, *Шемахинская астрофизическая обсерватория* АН Азербайджанской ССР, Радиоастрофизическая обсерватория АН Латвийской ССР, Тартуская астрофизическая обсерватория АН Эстонской ССР, Астрономический институт АН Узбекской ССР, Астрофизический институт АН Казахской ССР, Институт астрофизики АН Таджикской ССР, Звенигородская астрономическая обсерватория Астросовета АН СССР, *Астрономический институт им. П. К. Штернберга* Московского университета, астрономические обсерватории Ленинградского, Казанского и других университетов.

Среди зарубежных обсерваторий наиболее крупные — Гринвичская (Великобритания), Гарвардская и Маунт-Паломарская (США), Пик-дю-Миди (Франция); в социалистических странах — Потсдамская (ГДР), Ондржейовская (ЧССР), Краковская (ПНР), Астрономическая обсерватория Болгарской академии наук и др. Астрономические обсерватории различных стран, работающие по общей тематике, обмениваются результатами своих наблюдений и исследований, часто проводят наблюдения одних и тех же космических объектов по одинаковой программе.

Внешний вид современных астрономических обсерваторий характерен зданиями цилиндрической или многогранной формы. Это башни обсерваторий, в которых установлены телескопы.

Существуют специализированные обсерватории, ведущие в основном только наблюдения по узкой научной программе. Это широтные станции, радиоастрономические обсерватории, горные станции для наблюдений Солнца, станции оптических наблюдений искусственных спутников Земли и некоторые другие.

В настоящее время работа некоторых обсерваторий (Бюраканской, Крымской) тесно связана с наблюдениями, проводимыми космонавтами с космических кораблей и орбитальных станций. На этих обсерваториях изготовляется аппаратура, необходимая космонавтам для наблюдений; сотрудники обсерваторий обрабатывают материал, поступающий из космоса.

Помимо астрономических обсерваторий, представляющих собой научно-исследовательские учреждения, в СССР и других странах существуют народные обсерватории — научно-просветительные учреждения, предназначенные для показа небесных светил и явлений публике. Эти обсерватории, оснащенные небольшими телескопами и другим оборудованием, передвижными астрономическими выставками и экспонатами, сооружаются обычно при планетариях, Дворцах пионеров или астрономических обществах.

Особую категорию составляют учебные астрономические обсерватории, создаваемые при средних школах и педагогических институтах. Они предназначены для обеспечения высококачественного проведения наблюдений, предусмотренных учебной программой, а также для развертывания кружковой работы среди учащихся.

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ОБЩЕСТВА

Астрономические общества — научно-общественные организации, объединяющие как астрономов-специалистов, так и любителей. Эти общества координируют научные исследования, способствуют обмену информацией, пропагандируют астрономические знания среди населения, помогают любителям приобрести навыки наблюдений.

Старейшее общество профессионалов-астрономов — Английское королевское астрономическое общество, основанное в 1820 г. В 1887 г. появилось Французское астрономическое общество, в которое вошли и профессионалы, и любители из многих стран мира, в том числе из России.

В России первое такое общество — кружок любителей физики и астрономии — возникло в 1888 г. в Нижнем Новгороде (теперь г. Горький). В 1890 г. было основано Русское астрономическое общество, куда принимались только астрономы-профессионалы. В 1909 г. в Петербурге открылось Русское общество любителей мироведения, в котором участвовали любители астрономии, в основном молодежь.

В Москве кружок любителей астрономии открылся в 1908 г., а в 1912 г. он был преобразован в Общество любителей астрономии. После Великой Октябрьской социалистической революции астрономические кружки и общества основаны во многих городах нашей страны.

В 1932 г. на базе астрономических обществ создана единая общественно-научная организация — *Всесоюзное астрономо-геодезическое общество (ВАГО).*

Во многих городах СССР при Дворцах и Домах пионеров, клубах, станциях юных техников, планетариях работают астрономические кружки или клубы. Юные любители астрономии и космонавтики занимаются здесь увлекательной наукой о *Вселенной,* проводят астрономические наблюдения (см. *Юные астрономы).* Наиболее активные из кружковцев вступают в члены ВАГО.

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ПОСТОЯННЫЕ

Астрономические постоянные — это величины, определяющие форму, размеры и орбиту *Земли,* масштаб *Солнечной системы,* единицу времени, массу *Солнца,* скорость света, постоянную тяготения, постоянную *аберрации* и др. Наиболее важные из них называются фундаментальными. К ним относится, например, астрономическая единица.

Астрономические постоянные определяют из многолетних наблюдений и время от времени уточняют новыми наблюдениями. Определению постоянных придается очень большое значение: для сравнимости наблюдений, выполненных на разных обсерваториях, во всем мире используются одни и те же постоянные, объединенные в системы. Утверждение систем происходит на съездах *Международного астрономического союза.*

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ЧАСЫ

Астрономические часы — высокоточные часы, в которых равномерная шкала времени задается колебаниями маятника. Астрономические часы в течение многих лет использовались для хранения времени (см. *Служба времени).*

Одна из первых систем астрономических часов была создана в 1657 г. X. Гюйгенсом. Основой их конструкции служило маятниковое устройство, обеспечивавшее отсчет равных промежутков времени с очень высокой точностью.

Поскольку точность хода астрономических часов зависит от маятникового устройства, то усилия конструкторов были направлены на то, чтобы обеспечить наиболее благоприятные условия его работы.

Известно, что период колебаний маятника зависит от его длины: с увеличением длины период возрастает. Кроме того, период колебаний маятника меняется при изменении плотности окружающего воздуха. Чтобы эти причины не оказывали влияния на точность хода часов, принимаются специальные меры для поддержания в помещениях, где установлены астрономические часы, постоянной температуры. А для того чтобы даже небольшие колебания температуры не изменяли длины маятника, начиная с XVIII в. маятники астрономических часов стали делать из нескольких стержней, соединенных с таким расчетом, чтобы при изменениях температуры одни из них, удлиняясь, увеличивали общую длину маятника, а другие, наоборот, уменьшали ее. Применение такого компенсационного механизма позволило значительно увеличить точность работы астрономических часов.

Чтобы защитить астрономические часы от влияния перепадов атмосферного давления и снизить сопротивление воздуха колебаниям маятника, их стали помещать внутри герметического кожуха, в котором поддерживалось пониженное давление.

Кроме того, для защиты от всевозможных колебаний и вибрации астрономические часы помещали в подвалах, на глубине, гарантирующей от различных сотрясений.

Наиболее совершенный маятниковый механизм с особым подвесом и улучшенной системой термокомпенсации был создан в начале второй половины XX в. советским инженером Ф. М. Федченко. Точность хода часов конструкции Федченко достигла $(2 \div 3) \cdot 10^{-4}$ с в сутки, что сравнимо с точностью хода *кварцевых часов*.

В астрономических часах Шорта применяются два маятника. Один из них, так называемый независимый, помещается в подвале под колпаком с пониженным давлением; этот маятник задает ритм работы часов. С помощью системы электромагнитов колебания независимого маятника управляют колебаниями второго, так называемого зависимого, маятника, который непосредственно управляет механизмом часов.

Сейчас в службе времени механические маятниковые астрономические часы уступили место кварцевым и атомным часам.

АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. П. К. ШТЕРНБЕРГА

Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга при Московском государственном университете (ГАИШ) является одним из крупнейших советских астрономических учреждений. Первая астрономическая обсерватория Московского университета была построена в 1830 г. в Москве на Пресне. На ее основе в 1931 г. был создан ГАИШ, объединивший три астрономических учреждения.

В настоящее время ГАИШ располагается в здании на Ленинских горах около МГУ. Кроме того, институт имеет ряд наблюдательных баз: Крымскую южную станцию, Тянь-Шаньскую высокогорную экспедицию вблизи Алма-Аты, высокогорную среднеазиатскую экспедицию, где установлены основные телескопы и приборы института.

Самый крупный телескоп, 125-см рефлектор, установлен на Крымской станции ГАИШ. Среди других инструментов: 70-см рефлектор, вертикальный солнечный телескоп, 40-см астрограф, 50-см менисковый телескоп и др. На строящейся среднеазиатской обсерватории будет установлен создаваемый в настоящее время 150-см рефлектор.

Тематика научных работ, ведущихся в институте, охватывает многие проблемы современной астрономии: *космологию*, исследование *галактик* и их взаимодействия, *радиоастрономию*, физику *звезд* и *туманностей*, *звездную астрономию*, исследование рентгеновских источников, физику *Солнца* и *планет*, составление карт поверхности *Луны* и планет, *астро-*

Астрономический институт им. П. К. Штернберга.







Телескопы-рефлекторы Крымской станции ГАИШ с диаметром зеркала 48 см (слева) и 125 см.

метрию, службу времени, движение полюсов Земли, *небесную механику, астродинамику, гравиметрию.*

Институт служит базой для подготовки специалистов по астрономическим дисциплинам, работает в тесном контакте с астрономическим отделением физического факультета МГУ.

АСТРОНОМИЧЕСКИЙ СОВЕТ

Астрономический совет Академии наук СССР (Астросовет) был организован в 1936 г. Астросовет, в который входят ведущие ученые-астрономы Советского Союза, планирует, организует и координирует наблюдательные и теоретические работы, проводимые академическими, университетскими и другими астрономическими учреждениями нашей страны. Во второй половине 50-х гг., после первых запусков *искусственных спутников,* Астросовет принял на себя организацию и координацию оптических, а позднее и лазерных наблюдений искусственных спутников Земли, имеющих большое научное и прикладное значение. В научно-исследовательских секторах Астросовета изучаются проблемы солнечно-земных связей, ведутся исследования строения и эволюции звезд, работы в области других астрофизических проблем, проводятся геодезические, геодинамические и геофизические исследования, основанные на оптических наблюдениях искусственных спутников Земли. На Звенигородской (под Москвой) и Симеизской (в Крыму) экспериментальных станциях с помощью Большой спутниковой фотокамеры ВАУ (диаметр зеркала — 107 см), лазерных спутниковых дальномеров «Интеркосмос» и других инструментов ведутся регулярные наблюдения искусственных и естественных небесных тел.

АСТРОНОМИЯ

Со всех сторон нашу *Землю* окружает необъятный мир небесных тел. Его называют *Вселенной* или *космосом.* Лишь некоторые из небесных тел, как, например, *Солнце, Луна,* 5 *планет* и наиболее яркие *звезды,* можно наблюдать невооруженным глазом. Но во Вселенной бесчисленное множество тел, которые не видны даже в самые мощные телескопы; о них мы судим на основании тех или иных теорий. Все эти тела изучает астрономия. Таким образом, астрономия — наука о строении и развитии космических тел, их систем и Вселенной вообще. Само слово «астрономия» происходит от двух греческих слов: «астрон» означает «светило», «номос» — закон.

Методы астрономических исследований крайне разнообразны. Одни из них применяются при определении положения космических тел на *небесной сфере,* другие — при изучении их движения, третьи — при исследованиях физических характеристик космических тел и т. д. Различными методами и, соответственно, разными инструментами ведутся наблюдения Солнца, туманностей, планет, метеоров, искусственных спутников Земли. В соответствии с этим астрономия подразделяется на ряд разделов.

Измерением небесных координат звезд, планет и других объектов занимается *астрометрия. Небесная механика* изучает законы движения небесных тел под действием сил всемирного тяготения. *Астрофизика* исследует физическое строение, химический состав небесных тел с помощью спектральных исследований, фотометрии и других физических методов. В зависимости от изучаемых объектов в астрономии различают гелиофизику, планет-

Первые шаги. Картина художника А. Соколова.



ную, кометную, звездную, внегалактическую астрономию (см. *Планеты, Кометы, Звездная астрономия, Внегалактическая астрономия*). В зависимости от диапазона излучения, в котором ведутся исследования, выделяют *радиоастрономию*, инфракрасную, оптическую, ультрафиолетовую, *рентгеновскую астрономию* и *гамма-астрономию*. Происхождение небесных объектов и их систем изучает *космогония*, а общими закономерностями Вселенной занимается *космология*. При астрономических исследованиях широко используются методы физики, химии, математики и других смежных наук. В свою очередь, астрономия обогащает их результатами исследований вещества при таких физических условиях (температура, давление, магнитное поле), которые невозможно воссоздать в земных лабораториях.

Астрономия зародилась в глубокой древности в связи с потребностью измерять время и предсказывать смену времен года, с которыми были связаны сельскохозяйственные работы, а также для ориентировки при путешествиях в пустыне и на море.

В незапамятные времена среди «неподвижных» звезд, не меняющих взаимных положений на небе и расположенных в постоянных созвездиях, были найдены семь светил, движущихся сложным образом по созвездиям, оставаясь в пределах узкой зоны, опоясывающей *звездное небо*. Этими светилами были Солнце, Луна и пять планет: *Меркурий, Венера, Марс, Юпитер* и *Сатурн*. Греческие ученые более 2 тыс. лет назад придумали геометрическую схему, представлявшую видимые движения планет вокруг Земли, шарообразность которой уже была известна; считалось, что Земля покоится в центре Вселенной. Эта геоцентрическая теория продержалась до XVI в., когда польский астроном *Н. Коперник* обосно-

АЛЕКСАНДР АЛЕКСАНДРОВИЧ МИХАЙЛОВ (1888—1983)



А. А. Михайлов — советский астроном, академик (с 1964 г.), Герой Социалистического Труда. Родился в городе Моршанске. В 1911 г. окончил с золотой медалью Московский университет, где преподавал с 1918 по 1948 г. и одновременно (с 1919 по 1947 г.) был профессором Московского института инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии. С 1947 по 1964 г. Михайлов возглавлял Главную астрономическую обсерваторию АН СССР (Пулковскую); в разные годы был председателем Астрономического совета АН СССР, президентом Всесоюзного астрономо-геодезического общества.

Научная деятельность академика Михайлова охватывала огромный круг проблем, связанных с астрономией, практической и теоретической гравиметрией, астрометрией, небесной механикой, геофизикой, геодезией, историей науки.

К числу важнейших его работ относятся фундаментальные исследования по теории солнечных затмений и ее практическому применению (предсказание условий видимости затмений). Михайлов — автор превосходных звездных атласов (в том числе и большого атласа со звездами до 8,25 звездной величины), которые используются не только для научных наблюдений, но и служат в качестве пособий любителям астрономии при проведении массовых наблюдений метеоров, переменных звезд и др.

Среди многих гравиметрических исследований Михайлова большое практическое и научное значение имели выполненные в 20-е гг. работы по определению силы тяжести в районе Курской магнитной аномалии. Они помогли обнаружить в этом районе громадные залежи железной руды.

После запуска в СССР первых искусственных спутников Земли Михайлов стал одним из организаторов наблюдений ИСЗ; эти наблюдения использовались для уточнения орбит спутников, для решения ряда геодезических и геофизических задач. Вместе с группой ученых он занимался расшифровкой первых снимков обратной стороны Луны, полученных с помощью советских космических аппаратов.

Активное участие принимал Михайлов в создании крупнейшего в мире отечественного 6-метрового телескопа-рефлектора и радиотелескопа РАТАН-600. Много сил и энергии отдал он делу восстановления Пулковской обсерватории, полностью разрушенной во время блокады Ленинграда в годы Великой Отечественной войны.

Михайлов был одним из образованнейших людей нашего времени, он свободно владел многими иностранными языками, неоднократно представлял нашу страну в международных организациях, научных конгрессах, был почетным членом нескольких зарубежных академий, научных обществ.

вал гелиоцентрическую теорию (см. *Системы мира*). Итальянский ученый *Г. Галилей* в начале XVII в. произвел первые телескопические наблюдения небесных светил и открыл фазы Венеры, 4 спутника Юпитера и много слабых звезд, не видимых невооруженным глазом. Немецкий астроном *И. Кеплер* в то же время вывел 3 закона движения планет вокруг Солнца (см. *Кеплера законы*), а английский ученый *И. Ньютон* в конце XVII в. доказал, что эти законы являются следствием открытого им закона всемирного тяготения (см. *Гравитация*).

В 1718 г. английский астроном Э. Галлей обнаружил *собственные движения звезд*. К тому времени уже стало ясно, что звезды — это чрезвычайно далекие, горячие тела, подобные Солнцу, и поэтому встал вопрос о возможном движении Солнца в пространстве, которое и было обнаружено английским астрономом *В. Гершелем* в 1783 г. Впоследствии была определена и скорость этого движения, которая по отношению к ближайшим звездам оказалась равной 20 км/с.

Многочисленные попытки определения расстояний до звезд долго оставались безуспешными, и лишь в первой половине XIX в. были впервые измерены расстояния до ближайших из них. Ближе всего оказалась яркая звезда альфа Центавра. Но и она в 270 000 раз дальше Солнца, и свет от нее идет до нас 4,3 года; большинство же звезд еще во много тысяч раз дальше. Исследование *двойных звезд* позволило определить их массы.

В начале XX в. окончательно было установлено, что Вселенная имеет островное строение: миллиарды звезд образуют отдельные системы, изолированные одна от другой. Та система, в состав которой входит Солнце, находясь довольно далеко от ее центра, представляется нам в виде бледной полосы *Млечного Пути* и называется *Галактикой*. За пределами Галактики находится множество других аналогичных систем — *галактик*.

Состав *Солнечной системы* тоже значительно пополнился. В 1781 г. Гершель открыл планету *Уран*, в 2 раза более далекую от Солнца, чем Сатурн. В 1846 г. в результате теоретических расчетов была открыта еще более удаленная планета — *Нептун*, а в 1930 г. была обнаружена наиболее далекая планета — *Плутон*. У многих планет имеются спутники (см. *Спутники планет*). В 1801 г. была открыта первая малая планета. Сейчас их известно около 3000.

В середине XIX в. были разработаны методы спектрального анализа (см. *Электромагнитное излучение небесных тел; Астрофизика*), позволившие изучать химический состав, физическое строение звезд и их движения по лучу зрения. В это же время методы наблюдений пополнились фотографией. XX в. ознаменовался многими выдающимися открытиями в значительной степени благодаря созданию мощных телескопов. В середине XX в. стремительно развивается *радиоастрономия*, расширившая диапазон исследуемого астрономами излучения небесных объектов и позволившая таким образом открыть ряд новых космических объектов: *пульсары, квазары*.

С запуском в 1957 г. в Советском Союзе первых *искусственных спутников* Земли стало возможным наблюдать космические объекты не с поверхности Земли через неспокойную и малопрозрачную атмосферу, а из космического пространства. Этим занимается новый раздел астрономии — внеатмосферная астрономия. Запускаемые к планетам зонды позволяют получать сведения о строении их поверхности, атмосфере и физических условиях на них. Луна исследуется не только автоматическими аппаратами, *луноходами*, но и *космонавтами*, побывавшими на ее поверхности.

АСТРОНОМЫ-ЛЮБИТЕЛИ

Любовь к *астрономии* объединяет людей разных профессий. Они ведут регулярные наблюдения небесных светил и явлений, проводят разнообразные теоретические исследования в области астрономии. Многие астрономы-любители работают в обществах и кружках, которыми руководят опытные специалисты.

Значительную часть любителей астрономии составляют школьники и учащиеся профессионально-технических училищ. Они объединяются в астрономические кружки, общества юных астрономов при общеобразовательных школах, станциях и клубах юных техников, при Дворцах и Домах пионеров и школьников. Астрономические кружки создаются также при планетариях, учебных и научно-исследовательских институтах, при обсерваториях.

Работу юных астрономов в СССР направляет и координирует *Всесоюзное астрономо-геодезическое общество* при АН СССР, и в частности Бюро юношеской секции этого общества.

Многие коллективы юных астрономов имеют в своем распоряжении астрономические площадки, павильоны, обсерватории, где устанавливаются разнообразные инструменты для наблюдений. На обсерваториях создаются лаборатории астрономии, астрофизики, астроприборостроения и др. Для проведения учебных и астрономических наблюдений издаются учебно-наглядные пособия, средства технического обучения, промышленные предприятия выпускают оптические инструменты. Для наблюдений используются также самодельные телескопы разных типов (см. *Телескоп самодельный*).

На демонстрационной астрономической площадке проводятся наблюдения в телескоп.



Постройка самодельного телескопа — увлекательное и интересное занятие.

В лаборатории астрофизики Московского городского Дворца пионеров и школьников юные астрономы работают на монохроматоре. С помощью этого прибора они знакомятся с основами спектроскопии.



Для любителей астрономии выпускается справочная и инструктивно-методическая литература, карты и атласы звездного неба, научно-популярные книги по астрономии, космонавтике, оптике. Много важных для работы сведений можно почерпнуть в книгах: В. П. Цесевич «Что и как наблюдать на небе»; П. Г. Куликовский «Справочник любителя астрономии»; «Астрономический календарь. Постоянная часть»; «Астрономический календарь. Переменная часть» (на данный календарный год); «Школьный астрономический календарь» (на данный учебный год); А. Д. Марленский «Учебный звездный атлас»; А. А. Михайлов «Звездный атлас»; М. С. Навашин «Телескоп астронома-любителя»; книги серии «Библиотека астронома-любителя», издаваемые «Наукой».

Последние достижения в области астрономии и космонавтики для любителей астрономии публикуются в журналах «Земля и Вселенная», «Квант», «Техника — молодежи», «Знание — сила», «Природа», а также в брошюрах серии «Космонавтика, астрономия» издательства «Знание».

С целью обмена опытом работы, повышения мастерства юных астрономов проводятся слеты юных астрономов. Высшим форумом любителей астрономии являются Всесоюзные слеты юных астрономов. Во время слетов организуются выставки творческих работ, лекции.

В нашей стране работает много интересных коллективов юных любителей астрономии. Назовем некоторые из них. Это Крымское общество юных любителей астрономии — первая в СССР детская астрономическая организация; астрономический кружок Дворца пионеров и школьников им. Ю. А. Гагарина в Баку; отдел астрономии и космонавтики Дворца пионеров и школьников Москвы; астрономический кружок школы № 5 г. Углича Ярославской области; астрономическая обсерватория Всероссийского пионерского лагеря ЦК ВЛКСМ «Орленок» и др. Подробнее о работе юных астрономов, о работе некоторых кружков и коллективов вы прочтете в ст. *Юные астрономы.*

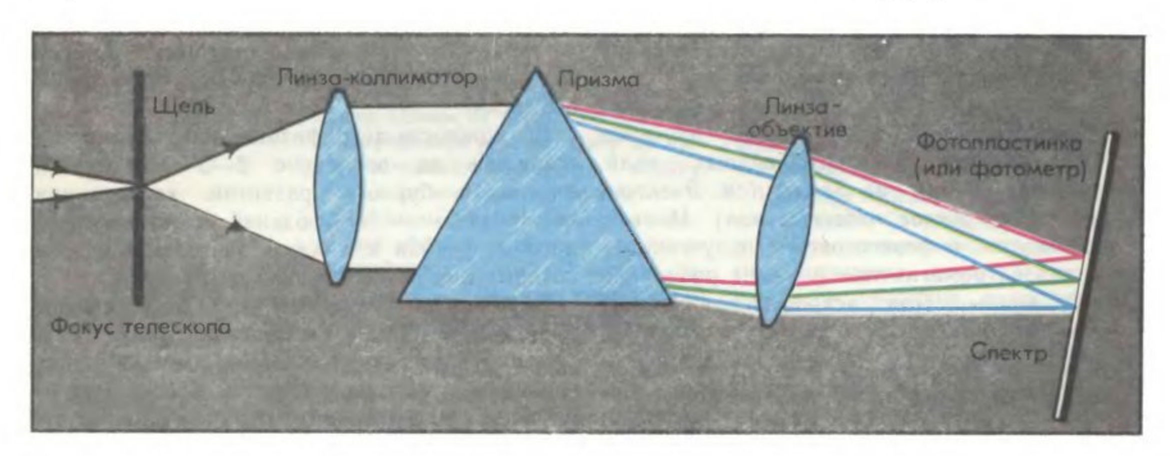
АСТРОСПЕКТРОГРАФ

Астроспектрограф — прибор для регистрации спектров излучения небесных тел. Он устанавливается в одном из фокусов *телескопа.* Астроспектрограф практически не отличается от спектрографов, используемых в лабораторных исследованиях.

В астроспектрографе происходит разложение луча света от исследуемого тела на составные цвета, подобно тому как это происходит с солнечным светом в радуге. Полученный на выходе астроспектрографа «набор цветов», или спектр излучения, фотографируется либо регистрируется с помощью фотоэлектрических приемников света. Записанный спектр затем подвергают детальному исследованию. В результате такого исследования определяются физические условия и исследуется химический состав небесного тела, измеряются *лучевые скорости* движения, устанавливаются наличие и напряженность магнитного поля и многое другое.

Главная деталь астроспектрографа — стеклянная призма либо дифракционная решетка, с помощью которых осуществляется разложение луча света в спектр. В стеклянной призме разложение луча на составные цвета происходит по тем же законам физики, которые заставляют солнечный луч играть всеми цветами радуги в капле дождя или росы на мокрой траве. В дифракционной решетке разложение луча света происходит иначе, чем в призме. Представление о том, как это происходит, можно получить в простом домашнем опыте с граммофонной пластинкой. Возьмите грампластинку и попытайтесь, глядя на нее почти с ребра, поймать в ней отражение светящейся лампочки. Вы увидите по сторонам этого отражения разноцветные полоски, похожие на кусочки радуги. Это

Схема призменного астроспектрографа.



будет не что иное, как спектр излучения лампочки, полученный с помощью дифракционной решетки, роль которой выполняют борозды грампластинки.

Рассмотрим устройство призменного астроспектрографа. Луч света звезды поступает в астроспектрограф через узкую щель. Пройдя через линзу, пучок света становится параллельным. После прохождения через призму пучок света представляет собой набор цветных лучей, которые идут под несколько различными углами. Если эти лучи пропустить через линзу-объектив, то в его фокусе получится цветная радужная полоска, представляющая собой непрерывный набор цветных изображений щели астроспектрографа, освещаемой светом звезды или другого исследуемого источника. В фокусе астроспектрографа ставится фотопластинка либо фотоэлектрический приемник света, например *фотоэлектронный умножитель*. При фотоэлектрической регистрации спектр автоматически записывается на бумажной ленте или «запоминается» ЭВМ. Для анализа спектра, полученного на фотопластинке (фотопленке), необходимо вначале обработать его на *микрофотометре,* измеряющем почернение различных мест негатива.

Дифракционный астроспектрограф устроен так же, как и призменный. Отличие лишь в том, что его главная деталь — дифракционная решетка. Используются прозрачные и отражательные дифракционные решетки. В последнее время в астрономии дифракционные астроспектрографы практически вытеснили призменные спектрографы.

АСТРОФИЗИКА

Астрофизика изучает физическую природу космических тел (плотность, температура, масса, химический состав, возраст небесных тел, их образование, развитие и взаимодействие друг с другом). Исследуя природу космических тел и явлений и объясняя ее, астрофизика основывается на законах физики. Материал для астрофизических исследований дают астрофизические наблюдения.

Почти все, что нам известно о далеких небесных телах, получено путем изучения слабых потоков электромагнитных волн, приходящих от них на *Землю* (см. *Электромагнитное излучение небесных тел*). И свет, и радиоволны, и рентгеновское излучение — все это электромагнитные волны с различной длиной волны. Для астрофизиков важно извлечь из приходящего электромагнитного излучения как можно больше информации. Для этого исследуют спектр источника, т. е. производят спектральный анализ электромагнитного излучения небесных тел. Появившийся во второй половине XIX в. спектральный анализ быстро «вошел» в астрономию, и только с этого времени можно говорить о рождении астрофизики. С помощью спектрального анализа стало возможным измерить температуру, определить химический состав небесных тел, удаленных от нас на гигантские расстояния. Дальнейшее развитие спектрального анализа связано с успехами теоретической и экспериментальной физики, которые позволили найти законы излучения и поглощения света атомами. Спектральный анализ оказался пригодным для определения всех важнейших физических характеристик космических объектов. Возьмем, например, светящиеся облака горячего межзвездного газа (см. *Межзвездная среда*). По их спектру можно узнать температуру и плотность газа, его химический состав, скорости движения отдельных частей облаков и даже количество межзвездной пыли, которая поглощает проходящий через нее свет. Наши знания о звездах также во многом основываются на спектральном анализе. Спектры звезд позволяют определить температуру, плотность и химический состав их атмосфер, узнать расстояние до звезд и их светимость, измерить скорость движения звезд по лучу зрения и скорость их вращения вокруг оси, оценить напряженность магнитного поля звезд (если оно достаточно сильное), выявить присутствие оболочек горячего газа вокруг звезд. Без результатов спектрального анализа было бы невозможно рассчитывать внутреннее строение *Солнца* и *звезд,* узнать массу, возраст и звездный состав звездных систем.

Глубокие астрофизические исследования были бы немыслимы, если бы наблюдатели не научились точно измерять энергию излучения астрономических объектов. Сначала такие измерения проводились на глаз, при визуальных наблюдениях с *телескопом.* Затем были разработаны специальные методы измерений с помощью астрономической фотографии. Но созданы и широко применяются уже другие приемники излучения (фотоэлектрические), которые по чувствительности к свету и точности измерений световых потоков значительно превосходят лучшие сорта фотоэмульсий.

Возможности астрофизики значительно расширились за последние 2—3 десятилетия благодаря бурному развитию «астрономии невидимого» — наблюдений электромагнитного излучения с такими длинами волн, на которых оно не воспринимается глазом.

Первыми из «невидимых» волн были освоены радиоволны (см. *Радиоастрономия*). Для приема космических радиоволн созданы многочисленные системы *радиотелескопов.* Радионаблюдения позволили с огромной точностью

измерить расстояние до планет и Солнца, «заглянуть» под непрозрачный слой облаков *Венеры*, «увидеть» с очень больших расстояний облака горячего межзвездного газа, недоступные для оптических телескопов. Радиоастрономия открыла возможность наблюдения и очень холодного межзвездного газа, излучающего спектральные линии в радиодиапазоне. *Радиогалактики, квазары, пульсары* — все эти объекты были открыты по их радиоизлучению.

Наблюдая небо в инфракрасных лучах, астрофизики измерили собственное излучение планет, увидели очень молодые звезды сквозь пылевую завесу, не пропускающую света, открыли ядра галактик с мощным инфракрасным излучением, запечатлели излучение слабо нагретой межзвездной пыли.

Для наблюдения неба в рентгеновских лучах и гамма-лучах пришлось поднять приемники излучения за пределы плотных слоев атмосферы — для этих лучей слой воздуха над Землей совершенно непрозрачен. Поэтому *рентгеновская астрономия* и *гамма-астрономия* начали развиваться лишь с наступлением космической эры, т. е. совсем недавно. Но уже сейчас можно говорить о важнейших открытиях, к которым привели эти наблюдения: были открыты, например, рентгеновские источники, «рассыпанные» по всему небу; обнаружено излучение горячего и очень разреженного газа в пространстве между галактиками.

Опираясь на богатый материал астрофизических наблюдений и используя известные законы физики, ученые стремятся глубже разобраться в тех сложных физических процессах, которые происходят в различных областях *Вселенной*. А процессы эти разыгрываются подчас в очень необычных с нашей, земной точки зрения условиях. В космическом пространстве можно обнаружить как вещество с гигантскими температурами, так и крайне холодный газ. Только в космическом пространстве можно наблюдать излучение газа с ничтожной плотностью, при которой в объеме земного шара содержится менее килограмма вещества. Только в мире звезд можно встретить тела с фантастической плотностью, какую имеют лишь атомные ядра. Очень сильные магнитные поля пульсаров и магнитных звезд и предельно слабые поля межзвездного пространства, излучение быст-

АРИСТАРХ АПОЛЛОНОВИЧ БЕЛОПОЛЬСКИЙ (1854—1934)



Аристарх Аполлонович Белопольский — русский советский астроном, академик (с 1903 г.). Родился в Москве. В 1877 г. окончил Московский университет. Со студенческих лет работал на университетской астрономической обсерватории, а с 1888 г. до конца жизни — на Пулковской обсерватории (причем в 1917—1919 гг. был ее директором).

Деятельность А. А. Белопольского связана с начальным периодом развития астрофизики. В конце XIX в. в астрономии стали применяться новые методы исследований — спектральный анализ и фотография. А. А. Белопольский успешно использовал эти методы в своих астрофизических исследованиях, не раз совершенствовал конструкции применявшихся им приборов и приспособлений. Одним из первых он стал фотографировать кометы, Луну во время затмения, солнечную корону, детали на поверхности Солнца.

В физике известно явление, называемое эффектом Доплера (по имени австрийского физика), которое заключается в том, что длина волны распространяющихся звуковых, световых или других колебаний воспринимается наблюдателем несколько измененной в сравнении с той, которая была излучена, если источник колебаний и наблюдатель движутся друг относительно друга. Следствием этого эффекта является то, что линии в спектре звезды смещаются к его фиолетовому концу, если звезда движется, приближаясь к наблюдателю, к красному, если звезда удаляется от него. А. А. Белопольский экспериментальным путем доказал возможность использования эффекта Доплера для измерения лучевых скоростей небесных тел (т. е. скоростей вдоль луча зрения).

Исследуя спектры переменных звезд — цефеид, он обнаружил, что изменения их блеска и лучевых скоростей происходят с одним и тем же периодом, но со сдвинутой фазой. Позже это было объяснено пульсацией (периодическим расширением и сжатием) звезд такого типа. Цефеиды сыграли в дальнейшем большую роль в доказательстве существования других галактик.

Исследуя лучевые скорости разных частей колец Сатурна, Белопольский в 1895 г. одновременно с рядом других астрономов доказал, что эти кольца не сплошные, а состоят из множества отдельных мелких тел, обращающихся вокруг планеты.

Белопольский составил первый учебник астрофизики на русском языке.

рых частиц, летящих практически со скоростью света, самоуправляемые термоядерные реакции в звездах, источники гигантской энергии в галактиках — все это можно наблюдать, измерять, изучать астрофизическими методами. Астрофизика не только использует новые открытия современной физики, но и сама способствует ее развитию. «Для астрофизиков космос является продолжением физической лаборатории, где углубленно изучаются важнейшие физические законы, создаются и проверяются новые физические представления и теории», — писал известный советский астрофизик С. Б. Пикельнер.

АСТРОФОТОГРАФИЯ

Астрофотография — один из методов *астрономических наблюдений,* основанный на фотографировании небесных светил. Впервые фотография в астрономии была применена в 1839 г.; в России первая астрономическая фотография была получена в 1844 г. в Казани Э. Кнорром, наблюдавшим лунное затмение. Введение астрофотографии потребовало усовершенствования оптики и механики телескопов: нужно было создать объективы, хорошо фокусирующие синие лучи, к которым наиболее чувствительны фотопластинки, и чтобы часовой механизм хорошо компенсировал видимое суточное вращение неба и держал изображение звезды в одной точке пластинки в течение экспозиции, продолжавшейся иногда несколько часов. Большую роль сыграло изобретение бромосеребряных эмульсий, используемых до настоящего времени, и проявителей, благодаря которым эффективность поглощенных эмульсионным слоем квантов света возрастает в миллиард раз.

Достоинства фотографического метода велики. Фотографические эмульсии достаточно чувствительны в широком диапазоне длин волн электромагнитного излучения — от десятитысячных долей микрометра до 1400 мкм. Астрографы позволяют фотографировать небесные объекты от —26 до +25 звездной величины. Астрофотография обеспечила развитие других астрофизических методов исследований спектроскопии и фотометрии. С помощью фотографии было доказано существование множества слабых звезд, галактик

КАК ХРАНИТЬ И ОБРАБАТЫВАТЬ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ НЕГАТИВЫ



Астрономические негативы представляют собой почти прозрачные кадры с точечными или штриховыми изображениями звезд; при этом чем слабее звезда, тем слабее и ее след на негативе. Любая пылинка или царапинка на пленке может совершенно замаскировать изображение звезды и сильно испортить кадр. Чтобы при хранении на пленке не оседала пыль и не появлялись царапины, разрежьте негатив на кусочки по 5—7 кадров и положите их в гармошку из кальки (калька «не пылит» и не царапает завернутую в нее пленку).

Необработанные высокочувствительные фотопленки — неиспользованные или уже отснятые — храните в холодильнике в герметичной упаковке, например, в стаканчиках от цветных фотопленок. Дело в том, что у таких пленок при хранении при комнатной температуре растет вуаль, которая приводит к снижению и без того невысокого контраста изображений слабых звезд и, стало быть, таким образом, к уменьшению предельной звездной величины, зарегистрированной на негативе.

Из множества проявителей для фотопленок и пластинок астрономы отобрали три, с помощью которых достигается высокая чувствительность проявляемого материала и не ухудшаются такие параметры, как контрастность, фотографическая широта и разрешающая способность (зернистость). Для составления проявителя применяйте дистиллированную воду, в крайнем случае кипяченую, и используйте по возможности химически чистые реактивы. Перед применением дайте проявителю отстояться и профильтруйте раствор. Состав фиксажа может быть любой из применяемых в любительской фотографии, важно лишь, чтобы в нем не было взвешенных частиц и он был отфильтрован. После обычной промывки обработанного негатива опустите его на несколько минут в дистиллированную воду, и тогда после просушки на пленке не появится следов от капель воды, которые будут отчетливо выделяться на прозрачном негативе.

Состав проявителей, применяемых в астрономической фотографии

Реактив	№ 1 (Чибисова)	Д-76	ММР-2
Метол	1 г	2 г	—
Сульфит натрия безводный	26 г	100 г	105 г
Гидрохинон	5 г	5 г	10 г
Сода кальцинированная	20 г	—	—
Натрий тетраборнокислый (бура)	—	2 г	—
Фенидон	—	—	0,4 г
Бензотриазол	—	—	0,6 г
Бромистый калий	1 г	—	2 г
Поташ	—	—	30 г
Вода	до 1 л	до 1 л	до 1 л
Время проявления при 20° С	6 мин	10 18 мин	10 20 мин

за пределами нашей звездной системы, обнаружено красное смещение галактик.

Астрономические обсерватории мира в своих «стеклянных библиотеках» хранят сейчас более миллиона астронегативов. Чтобы изучать астронегативы, создаются быстродействующие автоматические машины для измерения блеска звезд и их небесных координат.

Несмотря на широкое внедрение новых методов астрономических наблюдений (радиоастрономия), применение фотоэлектронных умножителей, электронно-оптических преобразователей, а также приемников инфракрасного излучения и других, астрофотография продолжает обеспечивать астрономию значительным объемом информации. Так, она незаменима при наблюдениях и открытиях переменных звезд, новых и сверхновых звезд, при наблюдениях метеоров, малых планет, комет, при определении положений небесных светил. Весьма существенны данные фотографических наблюдений в исследовании внегалактических объектов.

Во многих странах ведется систематическое фотографирование неба. Небесные светила регистрируются на телескопах умеренного размера в различных спектральных интервалах; для выделения заданного излучения применяются светофильтры и фотоматериалы с подходящей спектральной чувствительностью.

Подготовка фотографической пластинки к наблюдениям довольно сложна. Обычно фотоматериалы (доставляемые с фабрики в сухом льду для сохранения высокой светочувствительности) на обсерваториях дополнительно обрабатывают для повышения их чувствительности. Пластинку выдерживают в вакууме, затем прогревают в азоте, помещают в герметическую камеру, заполненную азотом, и хранят в холодильнике. Лишь после этого ее используют при наблюдениях.

АСТРОФОТОМЕТР

Астрофотометр — прибор, который служит для измерения световых потоков, идущих от небесных тел. Основной элемент прибора — фотоэлектрический приемник света, который преобразует падающее на него излучение в электрический сигнал. Величина сигнала может быть измерена, и по ней судят о величине светового потока.

Для чего необходимо измерять световые потоки? Делается это с различными целями. Например, требуется узнать, сколько энергии излучает звезда или же какова ее температура. Другой пример. При исследовании переменности излучения звезд, *ядер галактик* и иных астрономических объектов важно установить закономерность в изменении излучения. Прежде такие задачи решались с помощью фотографии. С помощью астрофотометра потоки света измеряют значительно быстрее, точнее и, главное, полнее. Особенно незаменим астрофотометр при измерении слабых колебаний излучения, длящихся секунды или даже доли секунды.

Наиболее распространенный фотоэлектрический приемник, используемый в астрофотометрах, — *фотоэлектронный умножитель* (ФЭУ).

В последнее время астрономы пользуются астрофотометрами, которыми измеряют яркость протяженных астрономических объектов в разных точках. Катод такого астрофотометра состоит из сотен тысяч независимых микрокатодов величиной около 20 микрон. Сигнал от каждого из микрокатодов усиливается и измеряется отдельно.

С помощью нового астрофотометра исследовали распределение яркости в ядре галактики М87 и обнаружили там центральное ядрышко размером в 7 раз меньшим, чем размер ядра галактики. Фотографическими методами обнаружить такую деталь невозможно.

АТОМНЫЕ ЧАСЫ

Атомные часы — прибор для точного измерения времени. Они являются в настоящее время самыми точными часами. Основа устройства атомных часов — квантовый стандарт частоты, позволяющий использовать энергетические переходы в атомах для контроля хода часов.

Атомы химических элементов могут при определенных условиях переходить из одного энергетического состояния в другое. При этом происходит излучение или поглощение электромагнитных волн; частота этого излучения, отличающегося высокой стабильностью, используется в часах в качестве стандарта.

В распространенной системе атомных часов применен атомно-лучевой стандарт частоты, в котором используется явление резонансного поглощения электромагнитных волн атомами химического элемента цезия. В этом случае используется частота 9 192 631 770 периодов в секунду, соответствующая линии поглощения цезия. Атомно-лучевой стандарт контролирует работу кварцевого генератора (см. *Кварцевые часы*) и обеспечивает его автоматическую подстройку, если генерируемая частота колебаний отличается от номинальной (9 192 631 770 периодов в секунду). Современные атомные часы с цезиевым стандартом частоты обеспечивают весьма высокую точность измерения времени. Ошибка их хода составляет всего около 1 с за 10 000 лет.

Б, В

БЕЛЫЕ КАРЛИКИ

Белые карлики — необычные, очень маленькие и очень плотные звезды с высокими поверхностными температурами. Радиус их в среднем равен земному, а масса соответствует массе *Солнца.* Светимость белых карликов в несколько тысяч раз меньше светимости Солнца. Первым был открыт белый карлик Сириус В — спутник звезды Сириус. Он был обнаружен в середине XIX в., когда астрономы заметили искажения в движении главной звезды — Сириуса А, вызванные притяжением маленького, но тяжелого спутника. Сириус В имеет белый цвет, и это впоследствии определило название всех звезд такого типа, хотя есть белые карлики и с меньшей температурой поверхности. Они имеют желтый или красноватый цвет.

Главная отличительная черта внутреннего строения белых карликов — гигантские, по сравнению с нормальными звездами, плотности: средняя плотность их примерно в 1 млн. раз превышает плотность воды. Из-за громадной плотности газ в недрах белых карликов находится в необычном состоянии — вырожденном.

Свойства такого вырожденного газа совсем не похожи на свойства обычных газов. Его давление, например, практически не зависит от температуры. Устойчивость белого карлика поддерживается тем, что сжимающей его громадной силе тяготения противостоит давление вырожденного газа в его недрах.

Белые карлики представляют собой конечную стадию эволюции звезд не очень больших масс (см. *Звезды*). Ядерных источников энергии в звезде уже нет, и она еще очень долго светит, медленно остывая. Белые карлики устойчивы, если их масса не превышает примерно 1,4 массы Солнца.

БОЛИДЫ

Болид — яркий *метеор* («огненный шар»), имеющий заметный угловой поперечник. Болид возникает при вторжении в земную атмосферу тел с массой приблизительно от 100 г до нескольких тонн, т. е. во много раз больше массы частиц, порождающих обычные метеоры. Зачастую эти тела дробятся и в большинстве случаев полностью испаряются в атмосфере. Но иногда полет болида завершается выпадением *метеорита.* Наиболее яркие болиды можно наблюдать даже днем. Ночью видны оболочка и хвост болида. После полета болида остается след, состоящий из ионизованных газов и пыли. Этот след под действием стратосферных ветров принимает извилистую форму и виден несколько минут.

Полет болида может сопровождаться звуковыми явлениями, что в древности служило поводом для легенд о полете Змея Горыныча.

ЕСЛИ ВЫ УВИДЕЛИ БОЛИД...

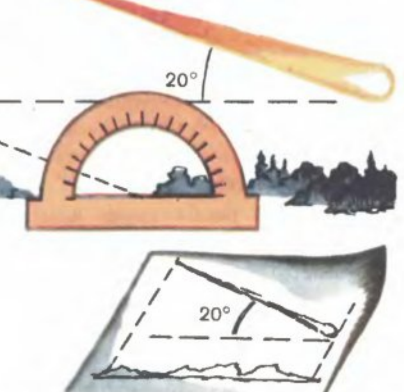
Яркие метеоры очень редки, болид же, сравнимый по блеску с полной Луной, многим не удается увидеть ни разу. Систематические наблюдения болидов организовать очень трудно, поэтому вы окажете большую помощь науке, если сообщите данные о болиде, случайным свидетелем которого оказались. Это тем более важно, потому что полет мощного болида может закончиться падением метеорита. Нужно организовать его поиск.

Если вы увидели болид, постарайтесь ответить на следующие вопросы.

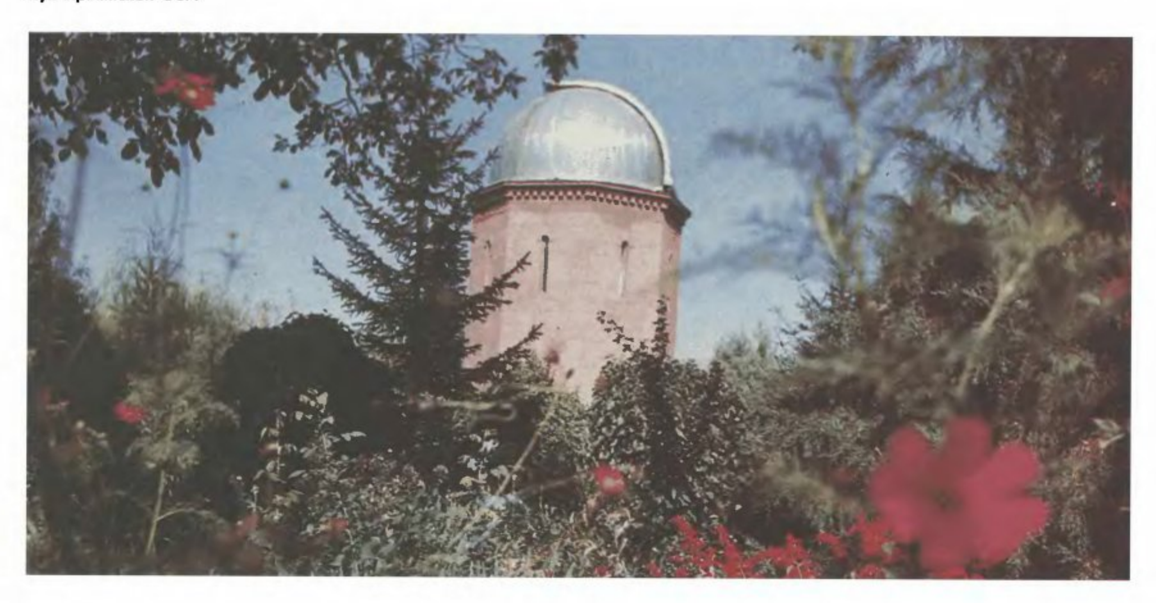
1. Дата наблюдений: год, месяц, число, день недели, время (московское).

2. Место наблюдений: область, район, населенный пункт и т. д.





На Бюраканской астрофизической обсерватории Академии наук Армянской ССР.



БЮРАКАНСКАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ

Бюраканская астрофизическая обсерватория Академии наук Армянской ССР расположена вблизи села Бюракан, в 35 км к северо-западу от Еревана, на склоне горы Арагац, на высоте около 1500 м над уровнем моря. Обсерватория основана в 1946 г. и в настоящее время является одной из крупнейших в Советском Союзе.

Главное направление деятельности обсерватории со дня ее основания — проблемы *астрофизики* и *звездной астрономии.* Научные сотрудники обсерватории под руководством ее основателя и бессменного директора, дважды Героя Социалистического Труда академика В. А. Амбарцумяна разрабатывают проблемы, связанные со строением *Галактики,* исследованием нестационарных *звезд* и *туманностей,* звездной *космогонией,* проводят радиоастрономические наблюдения.

На Бюраканской обсерватории были открыты и изучены многие звездные ассоциации (см. *Звездные скопления и ассоциации*) — отдель-

3. Наблюдатель: фамилия, имя, отчество, профессия.

4. Почтовый адрес наблюдателя.

5. Продолжительность полета болида в секундах.

6. Видимая траектория болида: а) азимуты начала и конца (определите по компасу); б) угловая высота начала и конца (определите на глаз или с помощью транспортира); в) наклон траектории к горизонту укажите на рисунке болида.

7. Наблюдалось ли дробление, вспышки, искры?

8. Яркость по сравнению с Луной, Солнцем, освещение местности, цвет болида.

9. След после болида: длительность, изменения формы, цвет.

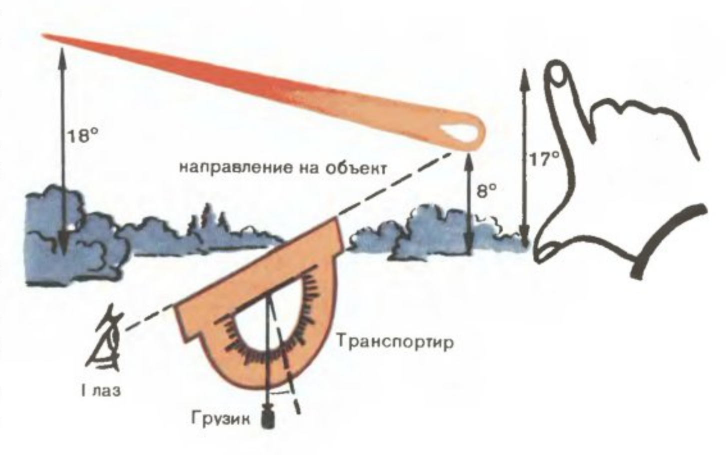
10. Звуковые явления, сотрясения; опишите их.

11. Состояние погоды, облачность.

12. Известные вам имена и адреса очевидцев в других пунктах.

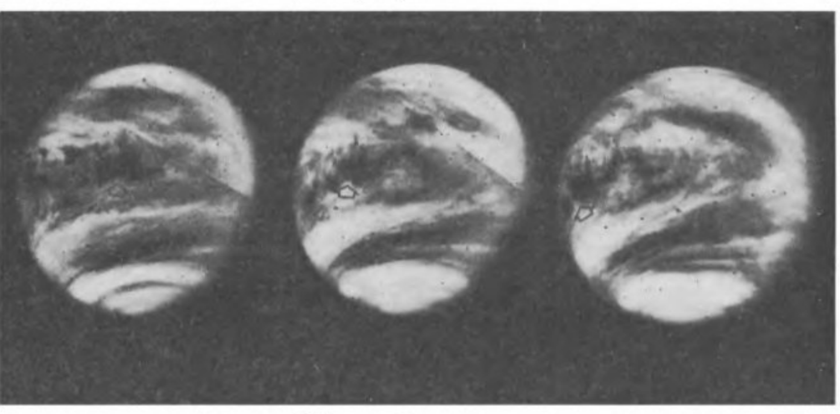
На прилагаемых рисунках показано, как с помощью компаса и угломера измерить положение видимой траектории болида.

Ответы на приведенные вопросы, рисунки, фотографии и описания высылайте по адресу: 117313, Москва, ул. Марии Ульяновой, 3, Комитет по метеоритам АН СССР.





Серп Венеры.



Изменение вида облачного покрова Венеры. Снимки автоматической межпланетной станции «Маринер-10».

ные разреженные группировки недавно образовавшихся звезд. Изучение звездных ассоциаций позволило сделать вывод о том, что образование звезд происходит и в нашу эпоху, что они рождаются группами.

Традиционным направлением работы стали исследования нестационарных и особенно *вспыхивающих звезд*. Быстрые и грандиозные изменения их блеска бюраканские астрономы объясняют не переносом излучения из недр звезды наружу, а выносом на поверхность масс особого вещества, являющегося источником звездной энергии. В Бюраканской обсерватории открыто большое количество вспыхивающих звезд, в частности в скоплении Плеяд.

Особое внимание на Бюраканской обсерватории уделяется вопросам *внегалактической астрономии* и космогонии галактик. Установлена значительная активность *ядер галактик*.

Огромное значение для развития идеи о роли ядер в эволюции галактик имело открытие астрономами Бюраканской обсерватории большого числа необычных галактик с избыточным ультрафиолетовым излучением — результатом активности галактических ядер.

Среди основных инструментов обсерватории — один из крупнейших в СССР телескоп-рефлектор с диаметром зеркала 2,6 м и один из крупнейших в мире метровый телескоп Шмидта с объективными призмами.

При Бюраканской обсерватории работает радиоастрономическая станция, расположенная в Сараванде, в 3 км к северу от Бюракана.

ВЕНЕРА

Венера — вторая по расстоянию от *Солнца* и ближайшая к *Земле* планета *Солнечной системы*. Среднее расстояние от Солнца — 108 млн. км. Период обращения вокруг него — 225 сут. Во время нижних соединений может приближаться к Земле до 40 млн. км, т. е. ближе любой другой большой планеты Солнечной системы. Синодический период (от одного нижнего соединения до другого) равен 584 сут. Наилучшие условия видимости Венеры приходятся на периоды элонгаций, хотя угловое расстояние Венеры от Солнца не превышает 48°, вследствие чего она видна либо после захода Солнца (вечерняя звезда), либо незадолго до его восхода (утренняя звезда). Венера — самое яркое светило на небе после Солнца и Луны. Известна людям с глубокой древности.

Диаметр Венеры — 12 100 км (95% диаметра Земли), масса — 81,5% массы Земли или 1:408 400 массы Солнца, средняя плотность — 5,2 г/см^3, ускорение силы тяжести на поверхности — 8,6 м/с^2 (90% земного). Период вращения Венеры долго не удавалось определить из-за плотной атмосферы и облачного слоя, окутывающих эту планету. Только с помощью радиолокации было установлено, что он равен 243,2 сут., причем Венера вращается в обратную сторону по сравнению с Землей и другими планетами. Наклон оси вращения Венеры к плоскости ее орбиты равен почти 90°. Из-за необычного сочетания направлений и периодов вращения и обращения вокруг Солнца смена дня и ночи на Венере происходит за 117 сут., поэтому день и ночь там продолжаются по 58,5 сут.

Существование атмосферы Венеры было обнаружено в 1761 г. *М. В. Ломоносовым* при наблюдениях прохождения ее по диску Солнца. В XX в. с помощью спектральных исследований в атмосфере Венеры найден углекислый газ, который оказался основным газом ее атмосферы. По данным советских межпланетных станций серии «Венера», на долю углекислого газа приходится 96,5% всего состава атмосферы Венеры. В нее входит также около 3% азота и небольшие количества инертных газов, кислорода, окиси углерода, хлороводорода и фтороводорода. Кроме того, в ее атмо-

Панорама поверхности Венеры, переданная спускаемым аппаратом автоматической межпланетной станции «Венера-10».



сфере содержится около 0,1% водяного пара. Углекислый газ и водяной пар создают в атмосфере Венеры парниковый эффект, приводящий к сильному разогреванию поверхности планеты. Причина этого состоит в том, что оба газа интенсивно поглощают инфракрасные (тепловые) лучи, испускаемые нагретой поверхностью Венеры. Температура ее около 500°С.

МИХАИЛ ВАСИЛЬЕВИЧ ЛОМОНОСОВ (1711—1765)



Михаил Васильевич Ломоносов — великий русский ученый-энциклопедист, естествоиспытатель и филолог, поэт и художник, философ естествознания, организатор отечественной науки и высшего образования. По его инициативе и проекту создан в 1755 г. Московский университет.

Михаил Васильевич Ломоносов родился в деревне Денисовка (по другим данным — в деревне Мишанинская) близ села Холмогоры Архангельской губернии в семье крестьянина-помора. В 19 лет он ушел из дома в Москву, где под вымышленным дворянским именем поступил в Славяно-греко-латинскую академию. В числе лучших учеников Ломоносов был направлен для продолжения образования в университет при Петербургской академии наук, а затем за границу, где совершенствовался в физике, химии, металлургии. В 34 года он стал одним из первых русских академиков. Круг его интересов и исследований в естествознании охватывал самые различные области фундаментальных и прикладных наук (физика, химия, география, геология, металлургия, астрономия). Ломоносов глубоко проник в материалистическую сущность природы, пропагандировал и развивал ее основные физические и философские принципы: закон сохранения материи и движения, принципы познаваемости, закономерности законов природы.

Умение анализировать явления в их взаимосвязи и широта интересов привели его к ряду важных выводов и достижений в области астрономии. Изучая явления атмосферного электричества, он выдвинул идею об электрической природе полярных сияний и свечения кометных хвостов. В 1762 г. Ломоносов создал отражательный телескоп-рефлектор с наклонным зеркалом, дававшим яркое изображение объекта. Ломоносов первым обрисовал поверхность Солнца как бушующий огненный океан.

Одним из главных достижений Ломоносова в астрономии было открытие атмосферы планеты Венера, сделанное им 26 мая 1761 г. во время наблюдений прохождения Венеры по диску Солнца.

М. В. Ломоносов был великим ученым-патриотом. В науке он видел могучую силу для улучшения жизни народа. Никто не заботился так, как Ломоносов, о практическом применении астрономии. Он проявлял особый интерес к созданию таких приборов, которые помогали бы морякам лучше ориентироваться в пути по звездам и с наибольшей точностью определять время.

М. В. Ломоносов всю жизнь неустанно боролся с отсталостью и невежеством, за торжество науки. Он утверждал, что Вселенная бесконечна, что как наша Земля, так и все существующее в природе не неизменно, а непрерывно меняется и развивается

Облачный слой Венеры, скрывающий от нас ее поверхность, как установлено советскими автоматическими станциями серии «Венера», расположен на высотах 49—68 км над поверхностью, по плотности напоминает легкий туман. Но большая протяженность облачного слоя делает его совершенно непрозрачным для земного наблюдателя. По данным спектральных и других исследований, облака состоят из капелек водного раствора серной кислоты. Освещенность на поверхности в дневное время подобна земной в серый пасмурный день.

Из космоса облака Венеры выглядят как система полос, располагающихся обычно параллельно экватору планеты, однако порой они образуют детали, которые были замечены еще с Земли, что и позволило установить примерно 4-суточный период вращения облачного слоя.

Это 4-суточное вращение было подтверждено космическими аппаратами и объясняется наличием на уровне облаков постоянных ветров, дующих в сторону вращения планеты со скоростью 100 м/с.

Атмосферное давление у поверхности Венеры составляет около 9 МПа, а плотность почти в 70 раз превосходит плотность земной атмосферы. Количество углекислого газа в атмосфере Венеры в 400 тыс. раз больше, чем в земной атмосфере (углекислый газ является преобладающим компонентом атмосферы Венеры до высоты 150 км). Причиной этого, вероятно, является интенсивная в прошлом вулканическая деятельность, а кроме того, отсутствие на Венере двух основных поглотителей углекислого газа — океана с его планктоном и растительности. Самые верхние слои атмосферы Венеры состоят почти целиком из водорода.

Радиолокация и исследования с помощью космических аппаратов позволили изучить невидимый из-за облаков рельеф Венеры. На поверхности планеты обнаружены обширные плоские равнины и плато, охватывающие более 85% ее поверхности, и менее распространенные горные районы. Наибольшая высота гор Венеры достигает 12 км, но такие вершины встречаются редко. Межпланетные станции серии «Венера» и американская станция «Пионер-Венера» позволили обнаружить много кратеров, диаметром от 10 до 300 км, но сильно сглаженных и плоских. Обнаружены также вулканы и вулканические кальдеры. Поверхность Венеры в целом более гладкая, чем поверхность Луны.

На фотографиях поверхности Венеры, переданных спускаемыми аппаратами серии «Венера», видны каменистые пустыни с характерными скальными образованиями. На снимке с «Венеры-9» видна свежая осыпь камней. Внешний вид камней и их анализ с помощью гамма-спектрометра говорят об их магматическом происхождении.

Венера — планета со сложным рельефом. Анализ ее природы и атмосферы может иметь большое значение для построения теории эволюции всех планет Солнечной системы, в том числе и нашей Земли.

Спутников Венера не имеет.

ВЕРНЬЕР

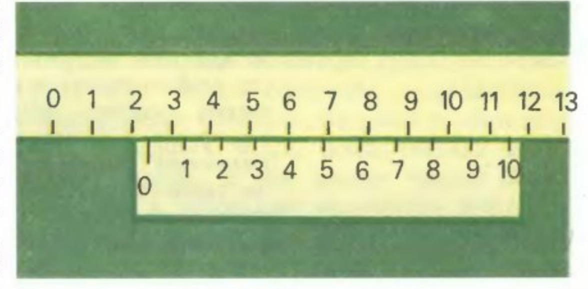
Верньер — простое приспособление для точного отсчитывания дробных долей между делениями основной шкалы измерительного прибора.

Верньер представляет собой небольшую дополнительную шкалу, расположенную около индекса, по отношению к которому производится отсчет основной шкалы.

Пусть верхняя шкала (см. рис.) является основной подвижной шкалой. Она градуирована десятками единиц. Требуется узнать с точностью до единиц, какой отсчет в данном положении шкалы соответствует нулевому делению нижней шкалы. На верньере расстояния между штрихами сделаны меньше, чем на основной шкале. На рисунке 9 делениям шкалы соответствуют 10 делений верньера. Деления верньера оцифрованы в долях деления основной шкалы.

Для решения поставленной выше задачи отыскивают штрих верньера, совпадающий со штрихом основной шкалы. Десятки единиц отсчитывают непосредственно с основной шкалы, отмечая положение нулевого штриха верньера. Единицы же отсчитывают по номеру штриха верньера, совпавшего со штрихом основной шкалы. На рисунке со штрихом основной шкалы совпадает четвертый штрих шкалы верньера. Это значит, что положению нуля будет на основной шкале соответствовать отсчет 24.

Верньер изобретен в XVII в. Он нашел широкое применение во многих угломерных астрономических и геодезических инструментах. В верньере используется то обстоятельство, что совпадение штрихов фиксируется гораздо точнее, чем выполняется глазомерная оценка дробных долей одного деления.



ВНЕГАЛАКТИЧЕСКАЯ АСТРОНОМИЯ

Внегалактическая астрономия — раздел астрономии, изучающий небесные тела, расположенные за пределами нашей *Галактики,* и среду, в которой они находятся.

Одним из самых важных достижений астрономии XX в. было доказательство «островной» структуры *Вселенной.* Оказалось, что звезды не распределены в пространстве равномерно, а сконцентрированы в гигантских звездных «островах» — *галактиках.* Изучение состава и структуры галактик, объяснение наблюдаемых различий между ними, выяснение их природы и происхождения — вот важнейшие задачи, решаемые внегалактической астрономией.

Помимо отдельных галактик внегалактическая астрономия изучает системы галактик: пары, группы, скопления, а также далекие квазизвездные объекты — *квазары* и разреженную межгалактическую среду.

Для того чтобы понять природу галактик или других внегалактических объектов, необходимо знать физику звезд, межзвездного газа, использовать те же методы астрофизических исследований, которые применяются для изучения различных явлений в нашей Галактике (см. *Астрофизика*). Но внегалактическая астрономия обладает своей спецификой. Она изучает объекты самых больших размеров и масс, встречающихся в природе; исследует межгалактическую среду такой низкой плотности, что даже разреженный межзвездный газ в тысячи раз плотнее ее; рассматривает процессы, происходящие в гигантских объемах пространства. Внегалактическая астрономия имеет дело с наиболее мощными источниками энергии — активными *ядрами галактик* и квазарами. Наша Галактика — это такая же звездная система, как и многие миллиарды других. Исследования далеких галактик помогают лучше изучить нашу Галактику, ее строение, происхождение и развитие.

Есть у внегалактической астрономии еще одна важная особенность. Эта наука изучает объекты, которые мы можем наблюдать в «далеком прошлом», т. е. такими, какими они были миллионы и миллиарды лет назад. Вспомним: скорость света равна 300 000 км/с. Но даже с такой скоростью свет идет к нам от галактик очень долго. Даже от *Туманности Андромеды* — одной из ближайших галактик — свет идет к нам более 2 млн. лет. Правда, галактики изменяются так медленно, что наверняка и сейчас Туманность Андромеды практически такая же, какой мы ее видим. Но наиболее далекие из наблюдаемых внегалактических объектов мы видим в том состоянии, в каком они были миллиарды лет назад. Без сомнения, к настоящему времени многие из них успели неузнаваемо измениться. Наблюдая объекты в «далеком прошлом», ученые узнают, какие изменения происходят с галактиками за громадные промежутки времени, как изменяется плотность вещества и излучения во Вселенной.

Данные, получаемые внегалактической астрономией, используются для решения большого круга очень важных научных задач: от исследования отдельных галактик до изучения процессов во всей наблюдаемой части Вселенной.

ВНЕЗЕМНЫЕ ЦИВИЛИЗАЦИИ

Внеземными цивилизациями называют общества живых разумных существ, которые, возможно, обитают вне *Земли,* на других небесных телах, например на планетах, обращающихся вокруг других звезд, вне *Солнечной системы.* Гипотезы об обитаемости *Вселенной* восходят к глубокой древности. Они нашли отражение в древнеиндийской философии, в учениях греческих и римских философов. В средние века вопрос о месте человека во Вселенной стал ареной острой идеологической борьбы, столкновением научного мировоззрения с религиозным. Страстным проповедником идеи множественности обитаемых миров был великий итальянский мыслитель *Джордано Бруно,* сожженный на костре инквизиции. В последующие века идея о широкой распространенности жизни и разума во Вселенной получила всеобщее признание и развитие. О множественности обитаемых миров писали философы, писатели, поэты. Убежденными сторонниками этой идеи были ученые *И. Ньютон, М. В. Ломоносов,* П. С. Лаплас и многие другие. Глубокие мысли о жизни во Вселенной, о космическом разуме высказывал в начале XX в. К. Э. Циолковский.

В прошедшие века, когда люди еще очень мало знали об устройстве Вселенной, о физических условиях на небесных телах, о происхождении и сущности жизни, проблема обитаемости других миров, по существу, оставалась чисто философской, мировоззренческой. Она и в настоящее время имеет огромное мировоззренческое значение. Однако сейчас благодаря высокому уровню развития естественных и общественных наук, и прежде всего астрономии, биологии, кибернетики, исследование проблемы жизни и разума во Вселенной все в большей мере становится предметом всестороннего и глубокого научного изучения.

Все данные современной науки свидетельствуют о материальном единстве мира. Повсюду во Вселенной действуют одни и те же физи-

ческие законы, все небесные тела состоят из одних и тех же химических элементов. *Солнце* — это обычная рядовая звезда, расположенная далеко от центра гигантского звездного мира нашей *Галактики,* насчитывающей более 100 млрд. звезд. А всего в наблюдаемой области Вселенной находится более миллиарда галактик. И границы этой области непрерывно расширяются. Трудно себе представить, что в этой невообразимо огромной Вселенной, среди многих миллиардов похожих звезд только около одной из них — Солнца — могла возникнуть жизнь и развиться разум.

Во Вселенной все взаимосвязано. И существование жизни обусловлено определенными свойствами Вселенной в целом. В последние годы эта связь была тщательно изучена. Было установлено, что самые глубокие фундаментальные свойства материального мира, отражающиеся в значениях фундаментальных физических констант, также связаны с существованием жизни во Вселенной. Если бы значения этих констант отличались от существующих, жизнь во Вселенной не могла бы возникнуть. Эта взаимосвязь между фундаментальными свойствами материи и Вселенной в целом, с одной стороны, и существованием жизни в ней — с другой, получила название: антропный принцип. Антропный принцип дает новые аргументы в пользу множественности обитаемых миров.

Большие успехи достигнуты в последние годы в науке о происхождении жизни. В космическом пространстве в изобилии обнаружены сложные органические соединения, из которых, как из строительных белков, строится живая система, живая клетка. Многие этапы этого удивительно сложного процесса воспроизведены в лаборатории. Однако пока еще далеко не все в нем ясно. Но то, что познано, указывает на закономерный характер процесса происхождения жизни.

Современная наука не располагает пока доказательствами существования живых разумных существ за пределами земного шара, но она приводит убедительные доводы в пользу такого предположения. Впервые за все время развития науки появилась возможность экс-

ЭДВИН ПАУЭЛЛ ХАББЛ (1889—1953)



Американский астроном Эдвин Пауэлл Хаббл родился в Маршфилде в штате Миссури. Отец Хаббла служил в чикагской страховой фирме, дети в семье воспитывались в условиях самой суровой дисциплины.

Поступив в 1906 г. в Чикагский университет, Хаббл работал в лаборатории известного физика Милликена. Однако он не захотел заниматься физикой и направился в Англию, чтобы продолжить образование в Оксфордском университете, изучая... римское право.

Возвратившись на родину, Хаббл получил диплом юриста. Но адвокатом он проработал всего год, а затем решил «бросить юриспруденцию ради астрономии». Хаббл вернулся в Чикагский университет и начал работать ассистентом Йеркской обсерватории, близ Чикаго. Но научная работа Хаббла прервалась. Шла первая мировая война, и его призвали в действующую армию. По возвращении из армии Хаббл работал в обсерватории Маунт-Вилсон в Калифорнии.

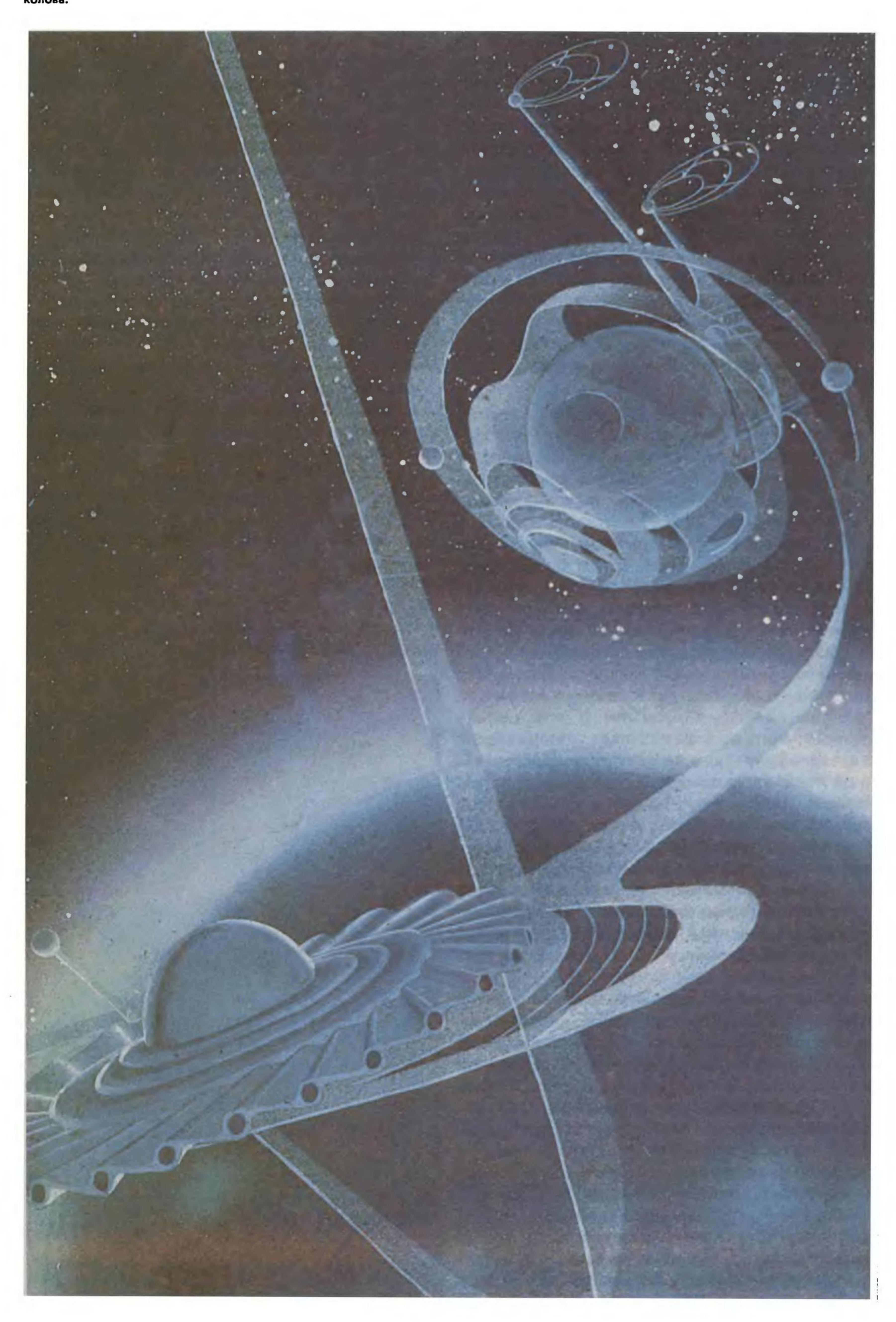
Труды Хаббла положили начало современной внегалактической астрономии. В 1924 г. Хаббл при помощи телескопа с диаметром зеркала 250 см на обсерватории Маунт-Вилсон доказал, что Туманность Андромеды и некоторые другие туманности имеют звездное строение и находятся далеко за пределами Млечного Пути. Таким образом Хаббл установил, что наша Галактика не единственная звездная система во Вселенной.

В последующие годы Хаббл исследовал очень много туманностей, которые он назвал внегалактическими. Теперь они называются галактиками. Оказалось, что далеко не все эти галактики имеют спиральную форму. Многие из них эллиптической, а некоторые неправильной формы. В 1925 г. Хаббл составил первую подробную классификацию галактик по их формам и другим особенностям.

В 1929 г. Хаббл обнаружил, что между лучевыми скоростями движения галактик и расстояниями до них существует линейная зависимость (закон Хаббла), и определил численное значение коэффициента этой зависимости (постоянная Хаббла). Это открытие стало наблюдательной основой теории расширяющейся Вселенной (см. *Расширение Вселенной).*

Хаббл был одним из выдающихся астрономов XX в. и пионером изучения далеких звездных систем. В 1927 г. он был избран членом Национальной академии наук в Вашингтоне.

Спутники внеземных цивилизаций. Картина художника А. Соколова.



периментальным путем проверить эту гипотезу. На повестке дня стоит вопрос об обнаружении внеземных цивилизаций, об установлении контакта с ними. В нашей стране и за рубежом уже выполнены первые работы по поиску радиосигналов внеземных цивилизаций. Предпринимались также попытки послать сообщения другим цивилизациям. Эти работы пока не дали положительных результатов. Однако они помогли уточнить многие вопросы, связанные с методикой поиска, способствовали лучшему пониманию задачи. В настоящее время разрабатываются проекты, предусматривающие создание крупных *радиотелескопов*, которые будут работать на Земле, в космическом пространстве и использоваться для поисков внеземных цивилизаций. Ученые думают над тем, как использовать помимо радиоволн другие, пока еще мало изученные средства связи.

Одно из направлений поиска высокоразвитых внеземных цивилизаций в космическом пространстве — попытка обнаружить следы их производственной, астроинженерной деятельности. Основная трудность в обнаружении астроинженерной деятельности заключается в том, что в своей деятельности цивилизации могут использовать лишь естественные законы природы и, находясь на Земле, трудно установить, является ли зарегистрированное приборами излучение результатом деятельности цивилизации или естественного процесса.

Иногда высказывается предположение о том, что высокоразвитые внеземные цивилизации посещали Землю в прошлом и это должно было отразиться в памятниках материальной и духовной культуры человечества. Исследованием этой проблемы занимается палеоастронавтика (по-гречески «палео» — древний). Необходима тщательная, терпеливая проверка и анализ данных. Непроверенные, скороспелые выводы приносят только вред. Тщательный анализ данных необходим и при попытках связать некоторые аномальные явления, наблюдаемые в земной атмосфере, с деятельностью внеземных цивилизаций, полетом их космических аппаратов.

Основное направление в поисках внеземных цивилизаций в настоящее время связано с попытками обнаружить сигналы, несущие те или иные информационные сообщения. Технически это более сложная задача, чем поиски следов астроинженерной деятельности. Зато, обнаружив подобные сигналы, легче будет установить их искусственную природу.

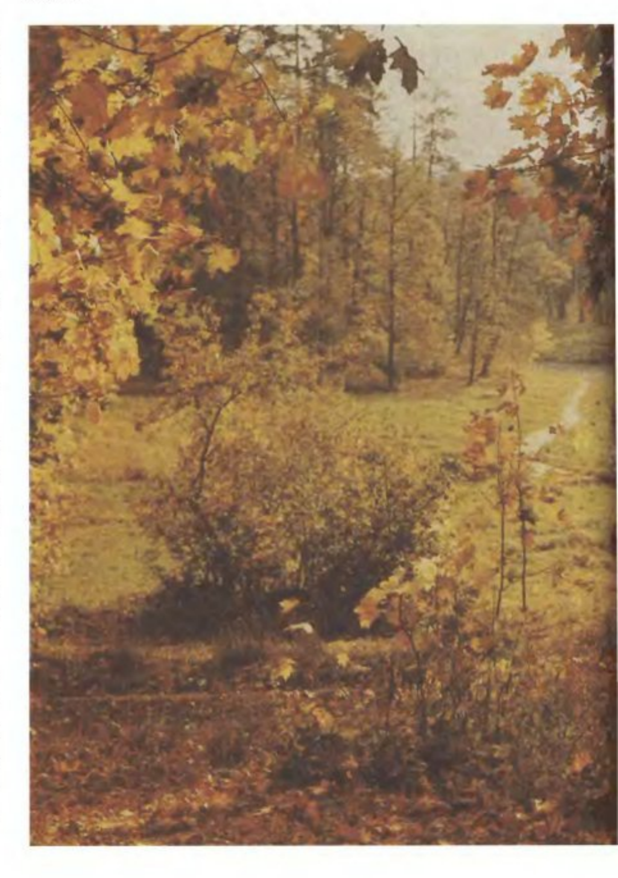
Проблема установления связи с внеземными цивилизациями ставит много важных вопросов. Надо уточнить наши представления о закономерностях возникновения и развития жизни, о путях развития космических цивилизаций, о наиболее общих законах такого развития.

ВРЕМЕНА ГОДА

Времена года — четыре периода года, отличающихся друг от друга погодными условиями: весна, лето, осень и зима. Причиной сезонных изменений погоды является наклон оси вращения *Земли* к плоскости ее орбиты, в результате чего Земля в течение года наклоняется к *Солнцу* то Северным полушарием, то Южным. Поэтому деление года на четыре сезона имеет строгую астрономическую первооснову.

За начало весны в Северном полушарии Земли астрономы принимают момент весеннего равноденствия, т. е. момент, когда Солнце, двигаясь по *эклиптике*, переходит из южного полушария небесной сферы в северное, пересекая небесный экватор в *точке весеннего равноденствия*. По современному календарю это случается 20 либо 21 марта. В день весеннего равноденствия, так же как и в день осеннего равноденствия, на всей Земле продолжительность дня равна продолжительности ночи. Весна в Северном полушарии длится до 21 либо 22 июня (день летнего солнцестояния), когда Солнце достигает высшей точки эклиптики, проходит в полдень через зенит на широ-

Осень.



те Северного тропика и на широте Северного полярного круга единственный раз в году не заходит под горизонт. В это время в Северном полушарии Земли самый длинный день. По астрономическому календарю в Северном полушарии наступает лето, которое продолжается до 23 сентября — дня осеннего равноденствия. Оно сменяется осенью.

Концом осени в Северном полушарии астрономы считают 21 либо 22 декабря — день зимнего солнцестояния, когда Солнце спускается по эклиптике в самую нижнюю ее точку. В день зимнего солнцестояния Солнце в полдень проходит через зенит на широте Южного тропика и единственный раз в году не заходит на широте Южного полярного круга. С этого момента до дня весеннего равноденствия в Северном полушарии Земли стоит зима.

Долгота дня на экваторе Земли в течение всего года постоянна и равна продолжительности ночи. Здесь сезонные изменения погоды не связаны непосредственно с изменением склонения Солнца. В Южном полушарии Земли сезоны сдвинуты на полгода: приход лета в Северном полушарии знаменует наступление зимы в южном, осень Северного полушария приходится на весну Южного и т. д.

Эллиптичность орбиты Земли и тем самым неравномерность ее обращения вокруг Солнца оказывает на продолжительность времен года некоторое влияние. Поскольку Земля подходит ближе всего к Солнцу в начале января и



движется в это время быстрее всего, астрономическая зима длится в Северном полушарии приблизительно 89 сут, а лето — 94. В Южном полушарии соответственно зима оказывается несколько длиннее лета.

Гораздо большее влияние на сезонные изменения погоды оказывают теплые и холодные течения, горы, преобладающие ветры. Поэтому в повседневной жизни чаще говорят о смене времени года не по астрономическим, а по природным признакам, пользуясь среднесуточными температурами. Несколько сдвинуты относительно астрономических времен года и календарные сезоны: весна (март-май), лето (июнь-август), осень (сентябрь-ноябрь), зима (декабрь-февраль).

ВСЕЛЕННАЯ

Вселенная — весь материальный мир, безграничный в пространстве и развивающийся во времени. Когда говорят о Вселенной, обычно понимают под этим словом окружающий нас макромир — небесные тела, их системы, космическое пространство и все то, что его заполняет: газ, электромагнитное излучение и т. д. Изучает этот макромир *астрономия.*

Правильные представления о Вселенной складывались у человечества на протяжении всей его истории. Уже крупнейшие философы древности пришли к выводу о шарообразности Земли, а затем и о возможности ее движения в пространстве; о том, что *Солнце, Луна, планеты* — это отдаленные светила. Начиная со II в. до н. э. в науке прочно утвердилась геоцентрическая система мира *К. Птолемея.* Согласно этой системе, неподвижная шарообразная Земля — центр Вселенной, а все небесные светила движутся вокруг Земли (см. *Системы мира*). В этой картине только шарообразность Земли и движение Луны вокруг Земли правильно отражали истину. Знаний того времени и астрономических наблюдений было еще недостаточно для того, чтобы разобраться в истинном строении космоса на больших расстояниях от Земли. Система мира Птолемея просуществовала в науке почти два тысячелетия. Только в XVI в. *Н. Коперник* показал, что Земля не находится в центре Вселенной, что она рядовая планета и вместе с другими планетами движется вокруг Солнца. Это открытие стало революцией в естествознании. Система мира Коперника правильно отражала уже строение целой системы небесных тел — *Солнечной системы.*

Следующий крупный шаг в развитии представлений о Вселенной был сделан *Дж. Бруно.* В конце XVI в. он выступил с утверждением о том, что Вселенная бесконечна, что звез-

ды — это далекие солнца, они заполняют всю Вселенную и вокруг них движутся планеты, на многих из которых может быть разумная жизнь (см. *Внеземные цивилизации*).

В XVII в. *Г. Галилей* стал наблюдать небесные тела при помощи телескопа. Трудами Галилея и Ньютона были открыты законы небесной механики. *И. Ньютон* открыл закон всемирного тяготения — закон основной силы, которая управляет движением небесных тел (см. *Гравитация*). Астрономия получила надежную теоретическую и практическую основу для своего развития.

В XIX в. было открыто существование гигантской звездной системы — *Галактики*, к которой принадлежит и наше Солнце. Наконец в XX в. были открыты другие звездные системы — *галактики*, а затем и скопления галактик.

В начале нашего века А. Эйнштейн создал общую теорию относительности, обобщающую ньютоновскую теорию тяготения. На основе теории А. Эйнштейна советский математик А. А. Фридман создал физико-математические модели строения Вселенной в целом. Эти работы положили начало современной научной *космологии*.

Особенно бурно развивается наука о Вселенной во второй половине XX в. — в связи с созданием новых телескопов и приборов, развитием радиоастрономии и выходом человека в космическое пространство. Ученые имеют теперь определенное представление об эволю-

ДЖОРДАНО БРУНО (1548—1600)



Джордано Бруно — великий итальянский ученый, философ, поэт, пламенный сторонник и пропагандист учения Коперника. С 14 лет обучался в доминиканском монастыре и стал монахом, сменив подлинное имя Филиппо на Джордано. Глубокие знания получил путем самообразования в богатой монастырской библиотеке. За смелые выступления против догматов церкви и поддержку учения Коперника Бруно вынужден был покинуть монастырь. Преследуемый церковью, он долгие годы скитался по многим городам и странам Европы. Везде он читал лекции, выступал на публичных богословских диспутах. Так, в Оксфорде в 1583 г. на знаменитом диспуте о вращении Земли, бесконечности Вселенной и бесчисленности обитаемых миров в ней он, по отзывам современников, «раз пятнадцать заткнул рот бедняге доктору» — своему оппоненту.

В 1584 г. в Лондоне вышли его основные философские и естественнонаучные сочинения, написанные на итальянском языке. Наиболее значительным был труд «О бесконечности, вселенной и мирах» (миром называли тогда Землю с ее обитателями). Вдохновленный учением Коперника и глубокими общефилософскими идеями немецкого философа XV в. Николая Кузанского, Бруно создал свое, еще более смелое и прогрессивное учение о мироздании, во многом предугадав грядущие научные открытия.

Идеи Джордано Бруно на целые столетия обогнали его время. Он писал: «Небо... единое безмерное пространство, лоно которого содержит все, эфирная область, в которой все пробегает и движется. В нем — бесчисленные звезды, созвездия, шары, солнца и земли... разумом мы заключаем о бесконечном количестве других»; «Все они имеют свои собственные движения... одни кружатся вокруг других». Он утверждал, что не только Земля, но и никакое другое тело не может быть общим центром мира, так как Вселенная бесконечна и «центров» в ней бесконечное число. Он утверждал изменчивость тел во Вселенной; изменчивость тел и поверхности нашей Земли, считая, что в течение огромных промежутков времени «моря превращаются в континенты, а континенты — в моря».

Учение Бруно опровергало священное писание, опирающееся на примитивные представления о существовании плоской неподвижной Земли. Смелые идеи и выступления Бруно вызывали ненависть к ученому со стороны церкви. И когда в тоске по родине Бруно вернулся в Италию, он был выдан своим учеником инквизиции. Его обвинили в богоотступничестве. После семилетнего заточения в тюрьме его сожгли на костре в Риме на площади Цветов. Теперь здесь стоит памятник с надписью «Джордано Бруно. От столетия, которое он предвидел, на том месте, где был зажжен костер».

ции всех небесных тел и их систем — от отдельных звезд и планет и до Вселенной в целом.

Современная наука раскрывает перед нами следующую картину строения Вселенной.

Наша планета Земля принадлежит к Солнечной системе, которая входит в состав гигантской звездной системы — Галактики. Астрономам известно огромное количество других звездных систем — галактик, различных по размерам, количеству входящих в них звезд и строению. Большинство галактик объединяются в скопления галактик (см. *Метагалактика*). Наиболее крупные скопления содержат тысячи галактик и имеют размеры в десятки миллионов световых лет. В еще больших масштабах Вселенная приблизительно однородна, т. е. в среднем центры больших скоплений галактик (или комплексов скоплений), по-видимому, равномерно распределены в пространстве. В ядрах некоторых галактик происходят мощные взрывы, причины которых еще не совсем ясны (см. *Ядра галактик*). Еще более бурные процессы протекают в квазарах.

Важнейшее свойство, подтвержденное наблюдениями, — *расширение Вселенной* (или космологическое расширение). Космологическое расширение отражает глобальную эволюцию всей Вселенной. В далеком прошлом скопления галактик были расположены теснее, чем сейчас. Примерно 10—20 млрд. лет назад не было отдельных небесных тел. Все вещество находилось в состоянии почти однородной горячей расширяющейся плазмы. Что было до начала космологического расширения, пока не известно. Возможно, было сжатие, а возможно, существовали совершенно другие формы движения материи. В наше время остатком от эпохи начала расширения горячей плазмы является пронизывающее всю Вселенную *реликтовое излучение.*

Согласно современной космологии, пространство Вселенной является пространством «искривленным». К нему нельзя применить законы обычной (евклидовой) геометрии. «Искривление» Вселенной связано с наличием движущейся тяготеющей материи. Пространство безгранично, но может оказаться конечным по объему. В известной мере его можно сравнить с поверхностью сферы (конечно, это только аналогия), по которой можно двигаться в любых направлениях, нигде не находя границы, но которая имеет вполне определенные размеры (площадь).

Является ли действительно пространство Вселенной конечным или бесконечным? К сожалению, современные астрономические наблюдения еще не дают окончательного ответа на этот теоретический вопрос. Большинство астрономов считают, что объем пространства Вселенной, скорее всего, бесконечен и содержит бесконечное количество небесных тел и их систем.

ВСЕСОЮЗНОЕ АСТРОНОМО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО (ВАГО)

Всесоюзное астрономо-геодезическое общество (ВАГО) — научно-общественная организация при Академии наук СССР, ведущая работу в области *астрономии, геодезии* и картографии. Основано в 1932 г. путем объединения ряда обществ и кружков, из которых старейшие существовали с 1888 г. В 1938 г. перешло в систему АН СССР.

Общество имеет в нашей стране 72 отделения (республиканских, областных, городских) и насчитывает 8000 действительных членов и около 2000 членов юношеских секций, а также 225 членов-коллективов. Раз в 5 лет проходят Всесоюзные съезды Общества. В периоды между съездами работой ВАГО руководит Центральный совет. В юношескую секцию можно вступать с 12 лет.

Общество издает труды своих членов и два журнала: научно-популярный журнал «Земля и Вселенная» (с 1965 г.) и научный журнал «Астрономический вестник» (с 1967 г.). «Астрономический календарь» выходит с 1895 г. Кроме того, выпускаются пособия для научных наблюдений и изготовления телескопов и приборов силами любителей астрономии и другая научная и научно-популярная литература по астрономии и геодезии.

ВСПЫХИВАЮЩИЕ ЗВЕЗДЫ

Большинство физических переменных звезд являются звездами-гигантами и сверхгигантами. Но существует также и большой класс переменных звезд-карликов — вспыхивающие звезды. Большую часть времени яркость такой звезды постоянна, но иногда у звезды наблюдаются вспышки. Во время наиболее мощных вспышек видимый блеск звезды за несколько минут увеличивается в десятки раз, а затем ослабевает. Наступает фаза низкой светимости звезды, продолжающаяся от нескольких часов до нескольких дней. Затем звезда опять вспыхивает, причем вспышки носят нерегулярный характер. Неодинакова мощность вспышек, и неодинакова их частота. В спокойном состоянии эти звезды имеют обычно спектральный класс M (см. *Спектральная классификация звезд*). Таким образом, цвет их красный, а поскольку светимость низка, эти звезды называют вспыхивающими красными карликами. Однако более употребительно для них другое название — звезды типа UV Кита. Основные параметры этих звезд

Сетка Вульфа. Рис. 1.

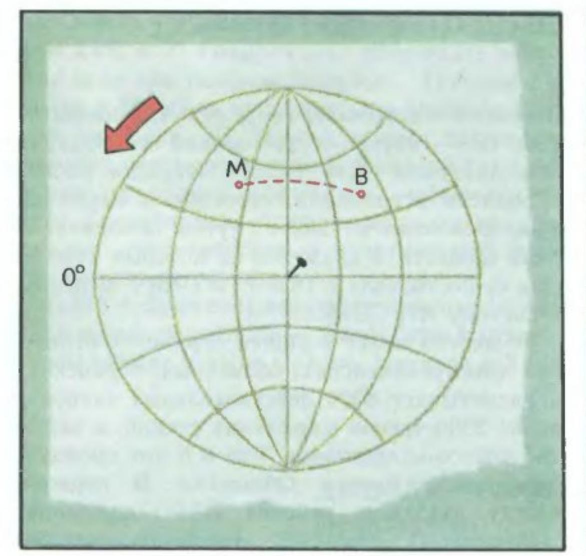
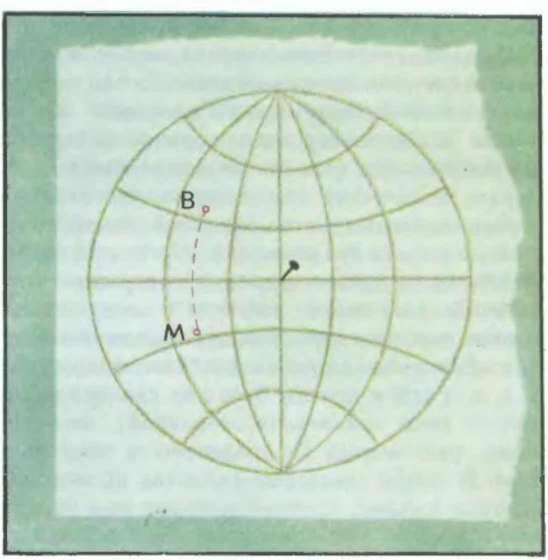


Рис. 2.



таковы: масса — 0,1 массы *Солнца,* светимость — 0,0001 светимости Солнца, радиус — 0,3 радиуса Солнца.

Во время вспышек звезды типа UV Кита испускают мощное радиоизлучение. По характеру усиления ультрафиолетового потока, изменению спектральных линий и появлению радиоизлучения вспышки этих звезд очень похожи на хромосферные вспышки, происходящие на Солнце. Однако энергия, выделяемая при вспышке звезды типа UV Кита, гораздо больше. Хотя до сих пор не известно, какими процессами вызываются вспышки, вероятно, на таких звездах временами по каким-то причинам происходит выброс горячих облаков ионизованного газа. Несмотря на то что в настоящее время известно лишь несколько десятков вспыхивающих красных карликов, тем не менее это самый многочисленный тип переменных звезд в природе. Дело в том, что из-за низкой светимости звезды типа UV Кита можно обнаружить только на не очень больших расстояниях. Но уже в радиусе около 4 пс четверть всех звезд — вспыхивающие.

К вспыхивающим звездам можно также отнести похожие на UV Кита звезды типов T Тельца, RW Возничего и T Ориона, для которых также характерны быстрые неправильные изменения блеска.

ВУЛЬФА СЕТКА

Вульфа сетка (по имени советского ученого Г. В. Вульфа) — график, с помощью которого решаются многие задачи сферической тригонометрии и сферической астрономии.

Сетка Вульфа представляет собой стереографическую проекцию полусферы (с нанесенной на нее сеткой меридианов и параллелей) на плоскость. Удобство применения сетки Вульфа состоит в том, что все большие и малые круги сферы изображаются на ней в виде окружностей. Используют ее обычно в сочетании с прозрачной бумагой (калькой), на которую наносят дополнительные построения. Кальку следует соединить с сеткой Вульфа булавкой, воткнутой в центр сетки (калька должна вращаться вокруг булавки).

На сетку Вульфа легко нанести проекцию большого круга, соединяющего 2 точки, заданные своими координатами (например, 2 города, для которых известны географические координаты — широта и долгота), измерить угловые расстояния между ними (а зная радиус Земли — вычислить расстояние между городами). Для решения этой задачи на кальку наносят координаты точек (на рис. 1 точка M соответствует Москве с координатами: долгота 37°30′, широта 55°40′, а точка B — Владивостоку с координатами: долгота 131°50′, широта 43°10′). Затем кальку поворачивают до тех пор, пока обе точки не окажутся на одном меридиане сетки Вульфа (рис. 2). Угловые расстояния между точками отсчитываются по сетке (дуга MB=57,7°; при радиусе Земли R=6378 км расстояние от Москвы до Владивостока по кратчайшему пути составляет около 6430 км).

С помощью сетки Вульфа можно решать множество других задач: переходить от одной системы небесных координат к другой, определять момент восхода и захода небесных светил, строить сферические треугольники и т. п.

Г

ГАЛАКТИКА

В ясную безлунную ночь, вдали от городских огней, *звездное небо* представляет собой очень красивое зрелище. Через все небо тянется широкая светлая полоса *Млечного Пути,* которая при рассмотрении в телескоп оказывается скоплением огромного количества *звезд* и *туманностей.* Все эти звезды, которые видны на небе, образуют гигантскую звездную систему — Галактику. Яркие звезды, видимые невооруженным глазом, — просто наиболее близкие к нам объекты Галактики. А всего в Галактике звезд более 100 млрд. *Солнце,* вокруг которого вращаются *планеты,* в том числе наша *Земля,* является одной из таких звезд. Многие звезды образуют группы, называемые звездными скоплениями. В Галактике имеется разреженный газ с примесью пыли. Наиболее плотные области газопылевой *межзвездной среды* образуют светлые и темные туманности. Галактику насквозь пронизывают также различные электромагнитные волны и быстрые частицы — *космические лучи.* Наиболее плотная часть Галактики имеет форму гигантской двояковыпуклой линзы — чечевицы. В этой области Галактики, диаметром около 25 кпс и толщиной в среднем около 2 кпс, сосредоточена масса около $3 \cdot 10^{41}$ кг. Предполагается, что в несколько раз большая масса сосредоточена на периферии Галактики, в области радиусом около 100 кпс.

Солнечная система находится на расстоянии около 10 кпс от центра Галактики и движется со скоростью около 250 км/с по почти круговой орбите, лежащей в плоскости Галактики. Вращение свойственно всей Галактике. В окрестности Солнца один оборот по галактической орбите длится около 250 млн. лет.

Различные галактические объекты имеют разный возраст и занимают разное положение в Галактике. Наиболее старые объекты — шаровые звездные скопления и звезды: красные карлики, красные гиганты и короткопериодические *цефеиды* (возраст их около 10^{10} лет) — занимают почти сферический объем, называемый галактическим гало; они сильно концентрируются к центру Галактики. По современным представлениям, эти объекты образовались в то время, когда наша Галактика еще только формировалась из огромного медленно вращающегося газового облака приблизительно сферической формы, сжимающегося под действием сил *гравитации.*

По мере сжатия оставшегося в Галактике газа скорость его вращения увеличивалась так, что газ сжимался во все более и более тонкий слой, приближаясь к галактической плоскости. Чем позже рождались из газа звезды, тем ближе они оказывались к плоскости Галактики.

Принято делить все объекты Галактики на два типа населения. К населению II типа относят перечисленные выше старые объекты галактического гало и центральной области. В противоположность им объекты населения I типа располагаются вблизи плоскости Галактики. В состав этого населения входят рассеянные звездные скопления, горячие звезды-гиганты и сверхгиганты, долгопериодические цефеиды, *сверхновые звезды,* молекулярные облака, светлые и темные туманности. Большинство этих объектов имеют небольшой возраст ($10^7 \div 10^9$ лет), и их сильная концентрация к галактической плоскости объясняется тем, что там находится межзвездный газ, из которого все они сравнительно недавно образовались.

В отдельную группу выделяют иногда население промежуточного возраста, заполняющее диск Галактики толщиной в среднем около 1 кпс. Это *новые звезды,* планетарные туманности, звезды со слабыми линиями металлов в спектре, яркие красные гиганты, расположенные в ядре Галактики. Наше Солнце, возраст которого около 5 млрд. лет, тоже, вероятно, относится к населению диска.

Сейчас в Галактике газа осталось немного: его масса составляет около 5% общей ее массы, причем этот газ сконцентрирован в основном в нескольких спиральных рукавах Галактики, расположенных вдоль ее плоскости. Наше Солнце находится в промежутке между двумя спиральными рукавами. По современным представлениям, эти спиральные рукава являются своеобразными волнами уплотнения (наподобие звуковых волн), распространяющимися в диске Галактики и сжимающими на своем пути как звездную, так и в еще большей степени газовую составляющую. Такое сжатие газа ускоряет процесс превращения его в звезды. Типичный пример зоны активного звездообразования в нашей Галактике — *Туманность Ориона.*

Так как межзвездный газ лежит в плоскости Галактики, то и все молодые звезды и их скопления также расположены в галактической плоскости и движутся по почти круговым орбитам, «повторяя» движения газа, из которого они образовались. Наиболее массивные яркие звезды за время своей жизни не успевают далеко уйти от места своего рождения — плотных газовых облаков в спираль-

Одна из многочисленных газовых туманностей, входящих в состав нашей Галактики. Находится в созвездии Стрельца.



ных рукавах Галактики. Поэтому на фотографиях других спиральных галактик мы видим эти яркие звезды сосредоточенными вдоль спиральных рукавов. Именно эти яркие голубые звезды создают красивый спиральный узор галактик, который особенно хорошо заметен на фотопластинках, чувствительных к голубому цвету.

Помимо спиральных рукавов важнейшая деталь Галактики — ее ядро. Оно имеет сложную структуру и с трудом поддается изучению, так как центральная область Галактики недоступна нам из-за сильного межзвездного поглощения. Лишь в последние годы стали проводиться радионаблюдения и инфракрасные наблюдения, не столь чувствительные к поглощению, как видимый свет, дающие возможность выяснить строение самой центральной части галактического ядра.

Ядро Галактики занимает на небесной сфере площадь примерно 30°×20°, т. е. его размер составляет несколько килопарсек. Наличие этой центральной звездной конденсации объясняется сильной концентрацией звезд гало Галактики к ее центру. Если в окрестностях Солнца одна звезда приходится в среднем на 10 пс^3, то в центре Галактики плотность доходит до 10^7 звезд/пс^3. Вращение газового диска в центральной области Галактики выглядит очень сложным: газ не только вращается, но и удаляется от центра; отдельные облака газа разлетаются со скоростью до 140 км/с. Возможно, существуют и потоки газа, движущиеся к центру Галактики.

Вокруг центра Галактики межзвездный газ сильно нагрет, ионизован и является источником теплового радиоизлучения. В самом центре Галактики находится мощный источник нетеплового радиоизлучения (т. е. не связанного с нагретым газом) — Стрелец А. В космических условиях такое излучение радиоволн может быть связано с движением электронов в магнитном поле, но для этого нужны быстрые электроны, которые обычно возникают при вспышках сверхновых звезд или в результате активности их остатков — быстровращающихся *нейтронных звезд — пульсаров*. Наблюдения показывают, что с радиоисточником Стрелец А совпадает мощный источник инфракрасного излучения, который представляет собой, по всей видимости, скопление молодых звезд, погруженное в газопылевое облако. Вполне вероятно, что там время от времени происходят вспышки сверхновых звезд, но являются ли они источником активности в центре Галактики — не ясно. Не исключена возмож-

ВИЛЬЯМ ГЕРШЕЛЬ (1738—1822)



Вильям Гершель — английский астроном, основоположник звездной астрономии, член Лондонского королевского общества (с 1781 г.). Родился в городе Ганновере (Германия) в семье военного музыканта, получил домашнее образование (учился музыке, языкам). В 1757 г. он уехал в Англию, где стал музыкантом-педагогом. В 35 лет Гершель увлекся астрономией, изучил ее самостоятельно и посвятил ей всю остальную жизнь. В своих наблюдениях он использовал телескопы, которые делал сам. В 1789 г. он построил крупнейший по тому времени 12-м рефлектор с диаметром зеркала 122 см.

В 1781 г. Гершель открыл планету Уран. Гершель разработал новый метод изучения строения звездной системы, основанный на статистических подсчетах звезд в разных участках неба (метод «звездных черпков»). Применив метод «черпков», он впервые установил, что все наблюдаемые звезды составляют огромную сплюснутую систему — Млечный Путь (или Галактику). Гершель открыл (к 1802 г.) более 2 тыс. новых туманностей (в том числе около двухсот двойных и кратных), а также сотни новых визуально-двойных звезд. Гершель установил, что двойные и кратные звезды существуют как системы звезд, физически связанных между собой и обращающихся вокруг общего центра тяжести.

На основе огромного материала, собранного в результате многолетних наблюдений, Гершель построил свою звездно-космогоническую теорию развития космической материи под действием силы тяготения — от разреженных, хаотических форм к сложно организованным — звездам и звездным системам. Наиболее старыми он считал шаровые скопления, которые в ходе дальнейшего сжатия могли взрываться и давать начало новому циклу сжатия разлетевшейся материи.

Одной из главных своих задач Гершель считал изучение строения нашей Галактики. Он доказал, что наше Солнце со всеми своими планетами движется по направлению к созвездию Геркулеса. Изучая спектр Солнца, он открыл инфракрасную, невидимую часть его (1800).

В 1789 г. Вильям Гершель был избран почетным членом Петербургской академии наук.

ность, что в центре галактического ядра находится очень массивное быстровращающееся замагниченное плазменное тело — «магнетоид» или массивный релятивистский объект — *черная дыра.* Безусловно, изучение центра нашей Галактики, активно проводящееся в последние годы, приведет к интересным открытиям.

ГАЛАКТИКИ

Галактики — огромные вращающиеся звездные системы, подобные нашей звездной системе — *Галактике* (в отличие от других галактик, ее название пишется с прописной буквы). Внешний вид и физические характеристики галактик чрезвычайно разнообразны. Они содержат от 10^7 до 10^{12} звезд и имеют размеры от 1 до 100 кпс. Скорости движения звезд в них и скорости вращения самих галактик составляют от 10—20 км/с у галактик-карликов до 300—400 км/с у гигантских галактик. Помимо звезд в галактиках содержится межзвездное вещество: газ, пыль, частицы *космических лучей.* Галактики большого размера обычно разделены в пространстве расстояниями в несколько мегапарсек. Небольшие галактики часто находятся вблизи галактик-гигантов и являются их спутниками.

Невооруженным глазом видны только ближайшие к нам небольшие по размеру *Магеллановы Облака,* а также *Туманность Андромеды.* Остальные галактики видны в телескоп как туманные пятна различной формы. Раньше их называли внегалактическими туманностями, поскольку они наблюдаются во всех направлениях на небе, за исключением полосы *Млечного Пути* (Галактики), где они не видны из-за сильного поглощения света межзвездной пылью, сосредоточенной в галактической плоскости.

В конце XVIII в. французский астроном Мессье, занимавшийся поиском комет, составил каталог видимых на небе туманных пятен (всего около 110 объектов), чтобы не принять их по ошибке за новую комету. Часть этих туманностей оказалась звездными скоплениями, часть — облаками горячего межзвездного газа и почти половина — галактиками. Объекты этого каталога обозначаются буквой М с номером (например, М31 — Туманность Андромеды). В конце XVIII — начале XIX в. большое количество внегалактических туманностей было открыто знаменитым английским астрономом *В. Гершелем.* Его соотечественник Дрейер в 1888 г. составил «Новый общий каталог туманностей и звездных скоплений» (New General Catalogue...), который содержал уже тысячи галактик. В этом каталоге Туманность Андромеды обозначена как NGC 224. Большой каталог уже одних только галактик был составлен в СССР в 60-х гг. Он содержит более 30 000 галактик.

Долгие годы астрономы спорили о природе внегалактических туманностей и о расстоянии до них. Лишь в начале XX в. удалось различить на фотографиях ближайших галактик отдельные звезды. Среди этих звезд американский астроном *Э. Хаббл* в 20-х гг. обнаружил переменные звезды — *цефеиды,* по которым он смог определить расстояния до галактик. Таким путем было окончательно доказано, что внегалактические туманности находятся далеко за пределами нашей Галактики и имеют сравнимые с ней размеры. Но и сейчас, хотя крупнейшим телескопам в принципе доступны миллиарды галактик, сфотографировать отдельные звезды можно лишь в нескольких ближайших системах. Остальные галактики выглядят туманными пятнами, у которых можно различить только самые заметные детали: спиральные ветви, центральную звездную конденсацию, отдельные крупные облака ионизованного газа. Изображения самых далеких галактик, удаленных от нас на миллиарды парсек, едва отличимы от звезд.

Введенная Хабблом классификация галактик основывается на их внешнем виде и делит все галактики на три основных класса: эллиптические, спиральные и неправильные. Как выяснилось позднее, эта классификация отражает и существенные физические различия между галактиками, хотя и не включает в себя некоторые редкие типы.

Эллиптические галактики (тип Е по классификации Хаббла), как видно из названия, имеют форму эллипсоидов. Пространственная плотность звезд в них равномерно уменьшается от центра к периферии. Большинство эллиптических галактик почти лишено межзвездного газа, поэтому формирование молодых звезд там не происходит и галактики состоят из старых звезд, подобных *Солнцу* или еще менее массивных. Вращение эллиптических галактик происходит с небольшой скоростью, менее 100 км/с, а их равновесие в основном поддерживается за счет хаотического движения звезд по своим радиально вытянутым орбитам. Наиболее массивные галактики встречаются именно среди эллиптических.

Спиральные галактики (тип S), к которым относятся, в частности, наша Галактика и Туманность Андромеды, состоят как бы из двух отдельных подсистем: сферической и дисковой. Первая из них по своим свойствам напоминает эллиптическую галактику. Дисковая же подсистема сильно сжата и содержит кроме старых сравнительно молодые звезды, а также межзвездные газ и пыль. Звезды диска и облака газа вращаются вокруг центра галактики со скоростью 150—300 км/с, один оборот длит-



Взаимодействующие галактики.

Спиральная галактика М51 в Гончих Псах.

ся сотни миллионов лет. Наиболее плотные и массивные облака газа и наиболее молодые яркие звезды сосредоточены в спиральных ветвях, протянувшихся от ядра к периферии галактики. Форма и количество спиральных ветвей различаются у разных галактик. Иногда рукава выходят не из ядра, а из концов светлой перемычки (бара), пересекающей ядро. Такие галактики называют спиралями с перемычкой (с баром).

Неправильные галактики (тип Ir) имеют относительно небольшую массу и размер, богаты межзвездным газом и характеризуются клочковатой структурой, связанной обычно с наличием нескольких очагов звездообразования. Примером таких галактик могут служить Магеллановы Облака.

Промежуточным типом между спиральными и эллиптическими являются линзовидные галактики (тип SO). Они имеют мощную сферическую составляющую и диск, но почти лишены межзвездного газа и у них совершенно не видны спиральные ветви. Кроме основных типов, выделенных Хабблом, позже были открыты другие типы галактик, например карликовые эллиптические галактики очень низкой плотности, компактные галактики небольшого размера, но высокой яркости. У некоторых галактик, в основном эллиптических, было обнаружено интенсивное радиоизлучение, связанное с мощными процессами энерговыделения в их ядрах. Такие галактики получили название *радиогалактик*. Спиральные галактики, в ядрах которых наблюдаются активные процессы, открыл американский астроном К. Сейферт в 1943 г.; они получили название сейфертовских. Широкие яркие линии в спектрах их ядер говорят о наличии там большого количества ионизованного газа, движущегося со скоростями в тысячи километров в секунду.

Галактики распределены в пространстве не однородно, а образуют довольно сложные системы. Маленькие галактики часто бывают спутниками более крупных. Большие галактики нередко встречаются парами или более многочисленными группами, например *Местная группа галактик*. Иногда встречаются тесные группы, в которых галактики почти соприкасаются друг с другом или даже частично проникают друг в друга. При этом форма галактик заметно искажается: они соединяются перемычками, «выбрасывают хвосты», бывают окружены облаком разреженных звезд. Такие галактики называются взаимодействующими, их открыл и первым исследовал член-корреспондент АПН СССР Б. А. Воронцов-Вельяминов.

Крупные скопления галактик имеют, как правило, сферическую или эллипсоидальную форму и содержат многие тысячи галактик, а также горячий межгалактический газ. Радиусы таких скоплений составляют 1—4 Мпс, а в отдельных случаях доходят до 10 Мпс. Ближайшее к нам крупное скопление наблюдается в созвездии Девы. Оно находится на расстоянии около 15 Мпс от нас и является центром Местного сверхскопления галактик — системы, объединяющей в себе несколько скоплений галактик, в том числе и Местную группу. Сверхскопления имеют обычно плоскую или сигарообразную форму и размер до 100 Мпс. Как показывают наблюдения, взаимные расстояния между скоплениями, как и между сверхскоплениями галактик постоянно увеличиваются, т. е. наблюдается так называемое разбегание галактик. В современной *космологии* оно связывается с *расширением Вселенной.*

ГАММА-АСТРОНОМИЯ

Гамма-астрономия — раздел астрономии, изучающий источники космического гамма-излучения, т. е. электромагнитного излучения с длиной волны меньше 0,01 нм (см. *Электромагнитное излучение небесных тел*).

Гамма-излучение возникает главным образом в ядерных реакциях, при взаимодействии элементарных частиц высокой энергии и при превращениях частиц и античастиц в электромагнитное излучение. При наблюдениях с помощью приборов, установленных на спутниках и ракетах, было обнаружено гамма-излучение *Солнца, пульсаров* — молодых остатков вспышек *сверхновых звезд* в созвездиях Тельца и Парусов, *двойных звезд* — источников рентгеновского излучения, центра нашей *Галактики* и некоторых *галактик* с активными ядрами. Гамма-излучение Солнца регистрируется во время хромосферных вспышек, и в нем обнаружены фотоны с длиной волны 0,00243 нм, а также фотоны, образующиеся при взаимодействии нейтронов с протонами, и излучение ядер кислорода и углерода. Гамма-излучение пульсаров образуется, по-видимому, вблизи поверхности *нейтронных звезд* и меняется с тем же периодом, что и их рентгеновское излучение и радиоизлучение.

В нашей Галактике обнаружены также источники гамма-излучения неизвестной природы, концентрирующиеся к галактической плоскости. Кроме отдельных источников гамма-излучения существует еще гамма-фон — поток излучения, идущего со всех направлений. Часть фонового излучения образуется в нашей Галактике при взаимодействии *космических лучей* с межзвездным газом и при рассеянии излучения звезд на быстрых электронах, а часть приходит из межгалактического пространства (см. *Межзвездная среда, Межпланетная среда*).

Одним из самых неожиданных открытий гамма-астрономии было обнаружение гамма-всплесков — импульсов излучения продолжительностью от 0,1 с до десятков секунд. Природа источников гамма-всплесков еще окончательно не ясна.

Широта места наблюдений (φ) на Земле численно равна высоте полюса мира (h) над математическим горизонтом.



ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ

Географические координаты — числа, с помощью которых указывают положение произвольной точки на поверхности или вблизи поверхности Земли. Эти числа называют долготой и широтой.

Система географических координат определяется по отношению к некоторым основным точкам и линиям на поверхности земного шара. Две из таких точек — полюса Земли. Географическими полюсами Земли называются точки, в которых ось вращения Земли пересекает поверхность земного шара. Тот из двух полюсов, при наблюдении с которого вращение Земли происходит против часовой стрелки, называется Северным. Противоположный полюс называется Южным.

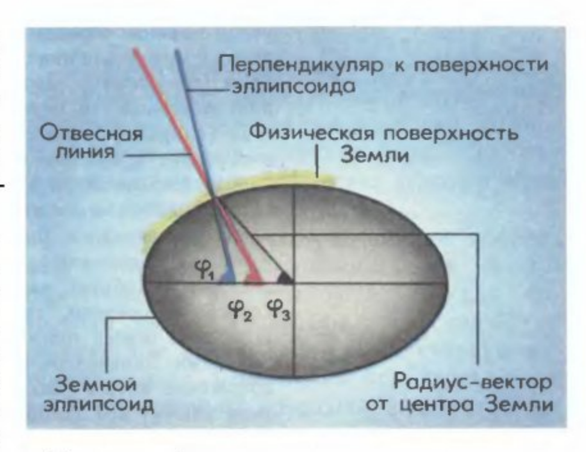
Плоскость, проходящая через центр Земли перпендикулярно оси вращения, называется плоскостью экватора Земли. Окружность, по которой эта плоскость пересекает поверхность Земли, называется экватором. Экватор делит земной шар на два равных полушария: Северное и Южное.

Плоскость, проходящая через произвольную точку *M* земной поверхности и ось вращения Земли, пересекает земную поверхность по линии, называемой меридианом точки *M*. Меридианы в совокупности образуют систему воображаемых линий, соединяющих Северный и Южный географические полюсы. Положение каждого меридиана определено по отношению к тому или иному меридиану, принятому за начальный. Начальный меридиан и экватор — вот основные линии, с помощью которых задается система географических координат.

В разное время в качестве начального принимались разные меридианы. С 1634 г. он проводился через остров Ферро. Этот крохотный островок считается самым западным пунктом Старого Света, и таким образом начальный меридиан символически разделил на два полушария страны Старого и Нового Света.

С 1884 г. по решению Международной меридианной конференции начальным условились считать тот меридиан, который проходит через одну из старейших в мире *астрономических обсерваторий* — Гринвичскую обсерваторию, в то время располагавшуюся на окраине Лондона.

Три разновидности географических широт: геодезическая (φ_1), астрономическая (φ_2), геоцентрическая (φ_3).



Двугранный угол между плоскостями начального меридиана и меридиана заданной точки на земной поверхности представляет собой одну из географических координат — долготу. Географическая долгота может отсчитываться или к востоку (восточная долгота), или к западу (западная долгота) от начального меридиана.

Чтобы отличить друг от друга точки, лежащие на одном меридиане, вводят вторую географическую координату — широту. Широтой называют угол, который образует проведенная в данном месте поверхности Земли отвесная линия с плоскостью экватора.

Для точек в Северном полушарии Земли широты считаются положительными, или северными; для точек в Южном полушарии — отрицательными, или южными. Широты могут

иметь значения от —90° до +90° (или от 90° южной широты до 90° северной широты).

Термины «долгота» и «широта» дошли до нас от древних мореходов, давших описание длины и ширины Средиземного моря. Та координата, которая соответствовала измерениям длины Средиземного моря, стала долготой, а та, которая соответствовала ширине, стала современной широтой.

Определение широты, как и определение направления меридиана, тесно связано с наблюдением звезд. Уже астрономы древности доказали, что высота полюса мира над горизонтом равна географической широте места.

Линия на поверхности Земли, соединяющая точки с одинаковыми широтами, получила название параллели. Плоскость любой параллели параллельна плоскости земного экватора. Среди параллелей особое место занимают тропики и полярные круги.

Солнце в течение года совершает обход небесной сферы, двигаясь по *эклиптике,* наклоненной к небесному экватору (см. *Небесная сфера*) под углом 23,5°. В день весеннего рав-

ВЫСОТОМЕР

Простейший угломерный инструмент для определения высоты светил вы можете сделать с помощью транспортира. Удобнее всего приспособить для этого большой демонстрационный школьный транспортир. На линейке такого транспортира в центре его дуги двумя гайками закрепите небольшой выступающий болтик. К нему прикрепите отвес — прочную нитку с грузиком.

Если транспортир металлический, то на концах линейки, выступающих за пределы дуги, проделайте по одному отверстию диаметром 4—5 мм. Затем отогните оба выступающих края транспортира под прямым углом. Таким образом вы получите визир и мушку для наводки на объект. Если транспортир деревянный или пластмассовый, то визирные устройства (например, кусочки жести с отверстиями) приклейте к его линейке универсальным клеем.

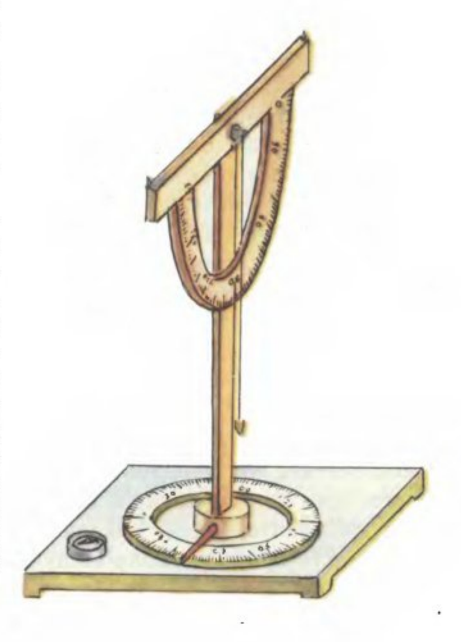
При работе высотомер поворачивают дугой вниз и с помощью визира и мушки нацеливают верхний край линейки на объект наблюдения. Не сдвигая высотомер, свободно висящую нить отвеса прижимают к дуге пальцами. Замеченное таким образом положение нити на шкале транспортира укажет его угловое расстояние от зенита (зенитное расстояние). Для того чтобы определить высоту светила, т. е. его угловое расстояние от горизонта, надо полученную величину зенитного расстояния вычесть из 90°.

Если у вас нет большого демонстрационного транспортира, воспользуйтесь маленьким ученическим. Высотомер из него сделать несколько сложнее. Прежде всего прямоугольную часть транспортира приклейте к толстой деревянной линейке так, чтобы их внешние края совпадали (линейку можно заменить более короткой хорошо обработанной прямоугольной дощечкой). К середине линейки под прямым углом крепится деревянная ручка длиной 15—20 см. Остальные детали высотомера прилаживаются так, как описано выше.

Установите высотомер на специальной подставке — так им удобнее пользоваться. Основанием подставки может служить кусок обструганной доски размером примерно 20×25 см. По центру основания снизу пропустите достаточно длинный винт, на котором с помощью втулки вертикально установите брусок высотой 30—35 см, сечением 4×4 см. Транспортир с линейкой привинтите к верхней части одной из боковых граней бруска таким образом, чтобы его можно было поворачивать в вертикальной плоскости в зависимости от высоты наблюдаемого светила. Высотомер вместе с бруском можно поворачивать на винте относительно основания, которое должно быть установлено строго горизонтально.

С помощью высотомера вы определите не только высоту светила, но, воспользовавшись еще и компасом, и его азимут. Для этого на основании вокруг бруска симметрично установите круговую шкалу, составленную из двух дуг транспортиров, и к нижней части бруска прикрепите стрелку-указатель, вращающуюся вместе с высотомером.





ноденствия оно находится в точке пересечения эклиптики с небесным экватором и поэтому в полдень наблюдается в зените на земном экваторе. День ото дня Солнце смещается по эклиптике в северное полушарие неба, его склонение (см. *Небесные координаты*) возрастает, и в последующие дни в полдень оно проходит над головой уже не на экваторе Земли, а на широте, численно равной склонению Солнца. Так продолжается до дня летнего солнцестояния, когда склонение Солнца достигает максимального значения +23,5°. В этот день оно единственный раз в году проходит в полдень через зенит на северной параллели +23,5°. Эту параллель называют Северным тропиком, или тропиком Рака (по названию зодиакального созвездия, в котором в древности находилась точка летнего солнцестояния). В день летнего солнцестояния зона полярного дня вокруг Северного полюса Земли распространяется до параллели +66,5°, которую называют Северным полярным кругом (см. *Долгота дня*).

Через полгода, в день зимнего солнцестояния, Солнце, склонение которого принимает значение —23,5°, единственный раз в году проходит над головой на широте Южного тропика, или тропика Козерога, т. е. на параллели с широтой —23,5°. Южная параллель с широтой —66,5° называется Южным полярным кругом.

Астрономическое определение одной из географических координат — широты — выполняется сравнительно просто. Для этого, как указывалось выше, достаточно определить высоту полюса над горизонтом. Астрономы древности это умели делать уже в III в. до н. э. Измерение же долготы сопряжено с гораздо большими трудностями. Только из одних астрономических наблюдений, без привлечения дополнительных сведений долготу не умели определять ни в древности, ни в средние века. С этим связано, в частности, великое заблуждение Христофора Колумба, который из-за ошибок в определении долготы, открыв Багамские острова, полагал, что он плавает вблизи оконечности Азии.

Географическая долгота получается как разность местного времени (см. *Измерение времени*) данного пункта и местного времени исходного, принятого за нулевой меридиана.

Прежде для определения долготы вели наблюдения явлений, которые происходят практически одновременно на обширных территориях земной поверхности, например солнечных и лунных затмений либо же затмений спутников *Юпитера*.

Выполнялось это так. Астрономы, работавшие на нулевом меридиане, пользуясь результатами многолетних наблюдений, предвычисляли те моменты, в которые нужное явление происходит по местному времени нулевого меридиана. Эти предвычисления публиковались в специальных таблицах. В дальнейшем астроном-мореплаватель или астроном-путешественник из своих измерений устанавливал тот момент местного времени, когда ожидаемое явление произошло в пункте наблюдений. Результат сравнивался с данными таблицы. Поскольку выбранное для наблюдений явление должно было происходить одновременно для всех частей Земли, то разность местного времени в походном пункте наблюдений и местного времени, указанного в таблице для нулевого меридиана, соответствовала разности долгот. Гораздо более удобный способ — «транспортировка времени». Этот способ заключается в следующем. Часы, поставленные по местному времени нулевого меридиана, перевозят в заданную точку Земли, и там их показания сравнивают с местным временем. Но для применения способа «транспортировки времени» на практике нужны очень надежные часы, способные хранить время нулевого меридиана в условиях длительного путешествия. Ведь ошибка часов всего в 1 мин при определении долготы вблизи экватора приводит к неточности определения местоположения на поверхности Земли почти в 30 км. Надежные механические часы-*хронометры* появились только во второй половине XVIII в. в Англии.

С изобретением телеграфа время нулевого меридиана стало передаваться в пункты наблюдений по электрическим проводам. А впоследствии телеграф заменило радио. Проблема определения географических долгот в наше время перестала существовать.

Описанные выше географические координаты называются астрономическими. Астрономические координаты неудобны для построения точных топографических карт, так как отвесные линии, с которыми связаны измерения широт, изменяются при переходе от одной точки земной поверхности к другой неправильно. На направление отвесных линий большое влияние оказывают гравитационные аномалии (см. *Гравиметрия*), связанные с особенностями рельефа местности и другими причинами.

Для решения задач *геодезии* более удобны геодезические координаты. В геодезической системе координат линией отвеса служит перпендикуляр к *земному эллипсоиду*. Таким образом, геодезическая широта равна углу между направлением перпендикуляра к земному эллипсоиду, проведенному через заданную точку, и плоскостью экватора эллипсоида. Она лишь незначительно отличается от астрономической широты.

Вместо отвесной линии можно воспользоваться радиусом-вектором данной точки поверхности Земли, проведенным из ее центра. Система географических координат, полу-

ченная таким образом, называется геоцентрической. На рисунке (с. 65) показано сечение Земли по меридиану и различие географических широт — астрономической, геодезической и геоцентрической.

По аналогии с системой географических координат на Земле подобные же системы вводятся на поверхностях других планет и их спутников.

Две географические координаты — широта и долгота — определяют положение точки на правильной геометрической фигуре — сфере или на земном эллипсоиде. Для точек реальной физической поверхности Земли вводят третью координату. Чаще всего для этой цели используется высота над *геоидом,* так называемая высота над уровнем моря.

Измерение высоты пунктов земной поверхности над уровнем моря является не астрономической, а геодезической задачей. Начало счета высот обычно задают результаты многолетних осредненных наблюдений за уровнем воды в морях при помощи специальных водомеров — футштоков. Система высот на территории СССР базируется на среднем уровне вод Балтийского моря и берет начало от нуля Кронштадтского футштока.

ГЕОДЕЗИЯ

Геодезия — одна из наук о Земле, занимающаяся определением размеров и формы как всей планеты в целом, так и отдельных ее частей. Современная геодезия изучает также гравитационное поле Земли (см. *Гравиметрия*), ее внутреннее строение, дрейф континентов и вертикальные движения коры.

Геодезические измерения являются основой при составлении географических и топографических карт, планов земельных угодий. Они необходимы проектировщикам и строителям городов, железных и шоссейных дорог, каналов, плотин, метрополитена, в горном производстве. Геодезистам приходится решать сложнейшие задачи при установке уникального научного оборудования.

Геодезия возникла в глубокой древности в связи с практическими запросами землепользования, составлением карт и определением мест будущих построек.

После того как в античном мире была доказана шарообразность Земли, важной задачей геодезии становится геометрическое измерение размера земного шара путем градусных измерений. Радиус Земли вычисляли по результатам измерения длины дуги произвольного меридиана с разностью широт на концах в 1°. Поскольку направление меридиана и широты концов дуги определялись из астрономических наблюдений, геодезия при решении этой задачи тесно смыкалась с астрометрией.

Первым определил размеры Земли в III в. до н. э. александрийский географ Эратосфен. В IX в. градусное измерение было проведено арабскими учеными. Главная трудность как градусных измерений, так и геодезических работ по составлению карт заключалась в невозможности выполнять линейные измерения по пересеченной местности — через леса, реки, болота, овраги, селения. Эта трудность была преодолена в XVII в. после изобретения голландским ученым В. Снеллиусом метода триангуляции. Для градусных измерений на местности строятся ряды или сети примыкающих друг к другу треугольников. У треугольников измеряются все углы и только одна сторона (у начального треугольника). По этим данным определяются положения всех вершин треугольников. Градусные измерения, выполненные в XVIII в. французскими геодезическими экспедициями в Перу и Лапландии, доказали справедливость закона всемирного тяготения и установили величину теоретически предсказанного *И. Ньютоном* сжатия Земли в направлении ее оси вращения.

Крупнейшее градусное измерение дуги от берегов Ледовитого океана до устья Дуная, получившей название дуги Струве, было выполнено с 1816 по 1855 г. под руководством русского ученого *В. Я. Струве.*

Современная геодезия по-прежнему сохраняет два основных направления: выполняет работы для обеспечения нужд народного хозяйства и изучает геометрические особенности Земли как планеты.

В СССР решены многие важные геодезические проблемы: выполнена топографическая съемка всей территории нашей страны, уточнены размеры *земного эллипсоида,* проведена повсеместная гравиметрическая съемка и др.

Современная геодезия обладает совершенными техническими средствами. Топографические карты составляют по фотоснимкам с самолетов и искусственных спутников Земли. Фотоснимки обрабатывают в лабораториях на фотограмметрических приборах. Эти приборы позволяют определять высоты точек земной поверхности с использованием стереоэффекта без трудоемких измерений на местности. В практику внедрены радио- и светодальномеры, которые устранили сложности при выполнении линейных измерений на пересеченной местности. В связи с этим метод триангуляции уступает ныне место методу трилатерации — геодезическим работам с использованием не угловых, а линейных измерений. С запуском искусственных спутников перед геодезией открылись принципиально новые возможности для изучения планеты Земля (см. *Космическая геодезия*).

ГЕОДИНАМИКА

Геодинамика — раздел науки о *Земле,* занимающийся определением и физическим объяснением изменений во времени взаимного положения точек земной поверхности и элементов гравитационного поля нашей планеты. Геодинамика близко соприкасается с астрономией, геодезией, геофизикой, океанологией.

Впервые термином «геодинамика» воспользовался итальянский астроном Дж. Скиапарелли в лекциях, прочитанных им в Петербургской академии наук в 1859 г. В 1911 г. появилась монография английского геофизика А. Лява «Некоторые проблемы геодинамики». При различных гипотезах о механических свойствах Земли в ней рассматривались такие явления, как приливные деформации Земли, ее собственные колебания и др.

Уже основатели геофизики У. Кельвин и Дж. Дарвин указывали на существование ряда сложных научных проблем, связанных с тем, что под действием притяжения *Луны* и *Солнца* изменяются форма и гравитационный потенциал Земли.

В начале XX в. астрономические наблюдения привели к открытию изменяемости широт и долгот (см. *Служба движения полюсов*). Она объяснялась сложным внутренним строением Земли и перемещением масс как внутри нашей планеты, так и на ее поверхности (перемещения воздушных масс, тектонические движения, землетрясения и др.). В 50-х гг. XX в. благодаря применению в астрономических наблюдениях кварцевых, а затем атомных часов ученые установили неравномерность вращения Земли.

Так благодаря теоретическим исследованиям и наблюдениям с использованием все более и более точных измерительных приборов был открыт ряд геодинамических явлений. Но для того чтобы учитывать на практике эффекты, обусловленные этими явлениями, и таким образом повышать точность геофизических, астрономических, геодезических работ, нужно было сделать некоторые допущения о геометрической форме Земли, о распределении масс в ее теле, о ее жесткости и др., т. е. нужно принять, как говорят ученые, ту или иную модель Земли.

Считая Землю твердым телом, вращающимся с постоянной угловой скоростью вокруг оси, фиксированной относительно Земли и проходящей через центр ее масс, можно построить прямоугольную систему координат с началом в центре масс и одной из осей, направленной вдоль оси вращения Земли. Фигура Земли, ее гравитационное поле и все построения в такой системе координат со временем не меняются. Если при определении положения точек на Земле за единицу измерений принять ее средний радиус, при определении силы тяжести — ее среднее значение на поверхности Земли, а при определении направлений — один радиан, то описанная модель обеспечит точность измерений порядка $\cdot 10^{-6}$.

С развитием современной техники абсолютных измерений силы тяжести, новых нетрадиционных средств изучения фигуры и гравитационного поля Земли (лазерная локация *искусственных спутников* Земли, доплеровские наблюдения спутников, радиоинтерферометрические наблюдения внегалактических радиоисточников), при достаточно частых повторных измерениях точность определения абсолютных положений точек повысилась до 10^{-8}—10^{-9}. На таком уровне точности появилась возможность усовершенствовать модель Земли и определять изменения положений точек земной поверхности и элементов гравитационного поля во времени.

При точности измерений 10^{-8}—10^{-9} в течение года могут быть зарегистрированы геодинамические эффекты, не превышающие нескольких сантиметров, нескольких микрогал и нескольких тысячных долей угловой секунды. Стало возможным зарегистрировать движение литосферных плит, изменение формы геоида, вариации гравитационного поля Земли, изменение положения центра масс Земли и ее осей инерции. Геодинамика продолжает заниматься также явлениями ранее изученными: движением полюсов Земли, приливными деформациями и неравномерностью вращения Земли и др. Наибольшую амплитуду изменений ($3 \cdot 10^{-6}$ от радиуса Земли) имеет движение полюса, т. е. перемещение в теле Земли оси ее вращения.

Эра космоса поставила вопрос о создании общеземной системы координат. Однако определить такую координатную систему крайне трудно, так как все элементарные объемы Земли находятся в постоянном движении относительно друг друга. Практическая задача геодинамики — определить и учесть эти движения, вычислить соответствующие поправки, чтобы обеспечить возможность представления наблюдений в рамках описанной выше простейшей модели твердой Земли.

Для решения геодинамических задач осуществляются запуски специальных астрометрических ИСЗ, организуются международные программы научных исследований.

ГЕОИД

Геоид — геометрическая фигура, приближенно описывающая форму *Земли* с неправильностями из-за неравномерного распределения масс внутри нее. Геоид совпадает со средней поверх-

Взаимное положение физической поверхности Земли, геоида и земного эллипсоида.



ностью вод Мирового океана и сообщающихся с ним морей, свободной от приливов, течений и прочих возмущений. Поверхность геоида под материками проводится таким образом, чтобы в каждой точке она была перпендикулярна отвесной линии, т. е. реальному направлению действия силы тяжести в той же самой точке.

Значение силы тяжести во всех точках поверхности геоида постоянно. Геоид из-за его сложности неудобен для применения при решении математических задач геодезии и картографии. На практике часто используют более простую фигуру — *земной эллипсоид*.

Средняя величина отступления геоида от земного эллипсоида составляет ±50 м и лишь в исключительных случаях достигает ±100 м.

Поверхность геоида представляют в виде карт, на которых отмечают высоты геоида над земным эллипсоидом. Изучение особенностей движения искусственных спутников Земли позволило составить карты геоида для всей поверхности Земли.

ГИД

Гид — вспомогательная зрительная труба, которая устанавливается на трубе *телескопа* так, чтобы их оптические оси были параллельны. Гид используется наблюдателем для корректировки правильности положения телескопа во время фотографирования небесного тела. При фотографировании, например, слабых небесных тел астрономы используют длительные экспозиции, доходящие до нескольких часов. Чтобы избежать смазывания фотоизображений на протяжении всего этого времени, телескоп с помощью часового механизма вместе с гидом вращается вслед за суточным движением *небесной сферы*, оставаясь наведенным строго на одни и те же объекты. Гид в этом случае служит для визуальной корректировки работы часового механизма.

Для контроля наведения телескопа (1) на светило служит гид (2). Поиск ведется искателем (3).



В современных больших телескопах используются автоматические следящие устройства — фотогиды. Они освобождают астрономов от наблюдений с помощью обычного гида.

ГЛАВНАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ АН УССР

Главная астрономическая обсерватория Академии наук Украинской ССР расположена вблизи Киева, на высоте около 180 м над уровнем моря. Она основана в 1944 г.

Одна из основных проблем, разрабатываемых на обсерватории, связана с фундаментальной *астрометрией*. Обсерватория является ведущей в Советском Союзе в области изучения движения полюсов Земли и неравномерностей ее вращения (см. *Службы движения полюсов*). Изучается движение и фигура *Луны*. На обсерватории составлен, в частности, сводный каталог координат нескольких тысяч опорных точек на видимой поверхности нашего естественного спутника, используемый при создании лунных карт и при осуществлении космических экспериментов.

На обсерватории проводится широкая программа наблюдений, связанная с исследованием активных образований на *Солнце*, нестационарных звезд, находящихся в начальных и конечных стадиях эволюции (см. *Звезды*), строения *Галактики*.

Обсерватория имеет наблюдательную астрономическую базу в Приэльбрусье на пике Терскол на высоте 3100 м над уровнем моря.

Основные инструменты обсерватории: большой вертикальный круг, двойной широкоугольный *астрограф*, 70-см телескоп-рефлектор, горизонтальный *солнечный телескоп* и др.

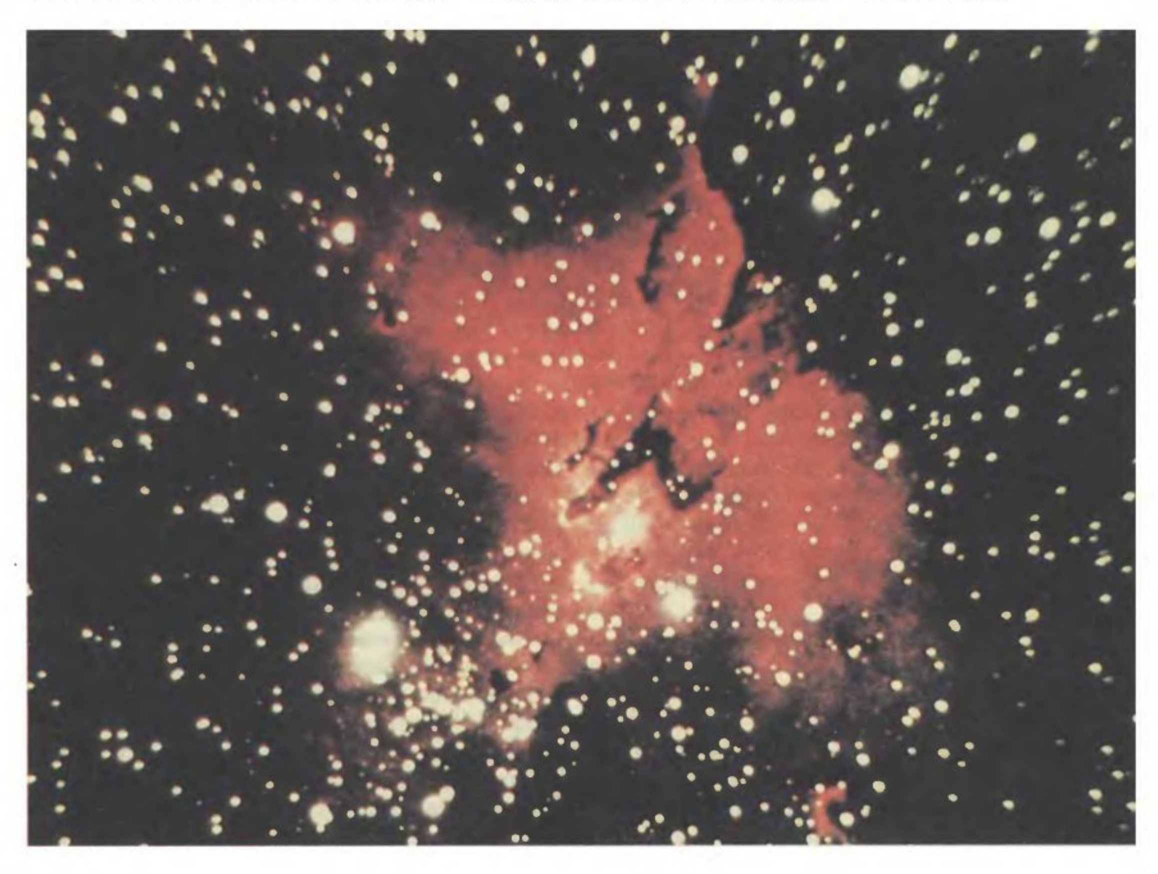
ГЛОБУЛЫ

Глобулы — небольшие и почти непрозрачные уплотнения *межзвездной среды,* выделяющиеся как темные пятна на светлом фоне. Различают два типа глобул: маленькие и большие. Маленькие глобулы выглядят как темные вкрапления на фоне светлых газовых туманностей. Их массы, по-видимому, не превышают $^1/_{10}$ массы *Солнца.* Большие глобулы — это, как правило, резко очерченные темные туманности округлой формы, размеры их — меньше парсека. Полная масса газа, который образует эти глобулы, составляет от 20 до 300 масс Солнца. Из-за почти полной непрозрачности они затмевают свет расположенных за ними звезд и поэтому выглядят как «дырки» в звездном небе. Известно около 200 больших глобул. Почти все они расположены не дальше 500 пс от Солнца. На еще больших расстояниях глобулы очень трудно обнаружить. Всего их в нашей *Галактике* должно быть несколько десятков тысяч.

Плотность пыли и газа, образующих глобулы, в тысячи раз больше плотности обычной межзвездной среды, что объясняет непрозрачность глобул. В межзвездной среде из-за поглощения пылинками интенсивность излучения падает в среднем в 2—3 раза на пути в 1 кпс. В глобулах, где межзвездная среда сжата и пылинки располагаются ближе друг к другу, поглощение резко возрастает. В больших глобулах оно может превышать 10—15 звездных величин, что соответствует ослаблению света в 10 000 — 1 000 000 раз.

Температура глобул очень низка и составляет около 10 К. При такой температуре атомы межзвездного водорода попарно объединяются в молекулы, так что основная масса вещества глобул представляет собой холодный молекулярный водород. Пыли в них меньше, чем водорода, но именно благодаря ее присутствию мы обнаруживаем глобулы на фотографиях звездного неба.

Механизм образования глобул не совсем ясен. Маленькие глобулы в светлых туманностях образовались, по-видимому, из отдельных неоднородностей межзвездной среды, сильно сжавшихся под действием давления окружающего их горячего газа. Со временем большинство из этих глобул «прогревается» и рассеивается. Большие глобулы имеют массу, достаточную для того, чтобы сжиматься под действием собственного гравитационного поля. Возможно, что конечной стадией сжатия больших глобул является образование из них отдельных групп звезд.



Светлая туманность в созвездии Щита. В ней видны вкрапления мелких темных туманностей и глобул. Их возникновение, вероятно, связано с отдельными уплотнениями в газопылевой среде.

ГОРИЗОНТ

Горизонт — граница видимой из данной точки *Земли* части земной поверхности, граница между землей и небом. Это так называемый видимый горизонт. Таким же образом понятие горизонта может быть определено для *Луны, планет* и т. п.

Математическим, или истинным, горизонтом называют линию пересечения небесной сферы плоскостью, проходящей через точку наблюдения перпендикулярно отвесной линии (см. *Небесные координаты*). На открытой местности в условиях Земли видимый горизонт всегда находится ниже истинного горизонта на угол, который называют понижением горизонта.

Дальность видимого горизонта d зависит от высоты расположения наблюдателя над окружающей территорией и влияния *рефракции астрономической*. Для Земли с учетом рефракции дальность видимого горизонта на открытой местности выражается формулой:

$$d\,(\text{км}) = 3{,}83\,\sqrt{h}\,(\text{м}),$$

где h — высота точки наблюдения; для значений h от 1 до 500 м она приведена в следующей таблице:

h (м)	1	2	3	4	5	10	50	100	500
d (км)	3,83	5,42	6,63	7,66	8,56	12,1	27,1	38,3	85,6

Дальность видимого горизонта зависит от радиуса небесного тела, на котором находится наблюдатель. Чем меньше планета, тем ближе к наблюдателю находится видимый горизонт.

На *Марсе,* радиус которого лишь немногим больше половины радиуса Земли, дальность видимого горизонта меньше, чем на Земле. Еще меньше она на Луне, которая по размеру уступает Земле почти в 4 раза.

Необычные оптические явления должны были бы наблюдаться в исключительно плотной атмосфере *Венеры,* где из-за ожидаемой сильной рефракции видимый горизонт должен быть очень удаленным, размытым и подниматься над истинным горизонтом. Однако изображения поверхности планеты, переданные с посадочных аппаратов межпланетных станций «Венера-9» и «Венера-10», этих явлений не подтвердили. Плоскость истинного горизонта — основная в горизонтальной системе небесных координат.

ГРАВИМЕТРИЯ

Гравиметрия — наука об измерении силы тяжести. Первоначально она занималась только изучением напряженности силового гравитационного поля Земли, которая численно равна ускорению свободного падения тел. Но постепенно границы науки расширились, и сейчас она занимается также и связью силы тяжести с внутренним строением, фигурой и эволюцией *Земли,* гравитационными полями других планет.

Под воздействием сил притяжения сложились фигуры Земли и других планет. Вследствие всемирного тяготения, закон которого сформулировал *И. Ньютон* (см. *Гравитация),* все тела притягиваются обратно пропорционально квадрату расстояния. Если бы на Земле и планетах не действовали никакие силы, кроме их внутренних сил тяготения, все эти тела имели бы строго сферическую форму. Но, поскольку небесные тела вращаются, на них действует также и центробежная сила, под ее воздействием происходит перетекание вещества от полюсов к экватору. Это продолжается до тех пор, пока не обратится в нуль сумма боковых, тангенциальных составляющих сил и вещество не окажется в равновесии. В результате небесные тела оказываются несколько сплюснутыми. Поверхности равновесия, перпендикулярные направлениям силы тяжести, называются уровенными поверхностями.

Уровенная поверхность Земли, совпадающая с невозмущенной волнами и ветровыми надувами поверхностью океана, называется *геоидом.* Если бы Земля была однородной, то геоид имел бы форму эллипсоида вращения. Из-за неоднородности масс, слагающих Землю, геоид отклоняется от общего *земного эллипсоида* до 100 м.

Гравиметрия разрабатывает метод определения сжатия земного эллипсоида, высот геоида над эллипсоидом, позволяет изучить фигуру Земли. Отклонение реальной силы тяжести на физической поверхности Земли от той, которая была бы, если Земля имела форму правильного эллипсоида, называется аномалией силы тяжести. Аномалия тесно связана с распределением в Земле масс, и прежде всего в ее коре. Изучая аномалии, можно судить о распределении полезных ископаемых, часто имеющих отличную от окружающих пород плотность. Поэтому гравиметрия нашла широкое применение при разведке полезных ископаемых, в особенности нефти и газа.

Напряженность гравитационного поля измеряют специальными приборами — гравиметрами. Большинство современных гравиметров представляют собой очень точные пружинные весы, позволяющие измерить разность силы тяжести в двух точках земной поверхности с точностью до миллиардных долей (10^{-9}) полной величины самой силы тяжести. Такой метод называется относительным. Метод абсолютных определений силы тяжести основан на непосредственном измерении скорости свободного падения тел. Этим способом *Г. Галилей* еще в конце XVI в. измерил силу тяжести с точ-

ностью до 0,1 ее величины. За последнее десятилетие, благодаря развитию электротехники, точность абсолютных измерений также достигла 10^{-9}. Другой тип гравиметрических приборов основан на наблюдениях качания маятников, период колебания которых зависит от силы тяжести.

Новый метод изучения гравитационного поля открыл запуск искусственных спутников. Спутники движутся в гравитационном поле Земли, Луны и планет, причем аномалии силы тяжести вызывают неправильности (возмущения) в их движении. Оказалось, что исследуя эти возмущения, можно оценить величину аномалий. Спутники, оборудованные специальными приборами, позволяют с высокой точностью определять высоты геоида на океанах по непосредственным измерениям высоты спутника над поверхностью воды. Этот метод получил название спутниковой альтиметрии.

ГРАВИТАЦИОННЫЙ КОЛЛАПС

Гравитационным коллапсом называется быстрый процесс сжатия вещества под действием собственного притяжения (см. *Гравитация*). Иногда под гравитационным коллапсом понимают неограниченное сжатие вещества в *черную дыру*, описываемое общей теорией относительности (релятивистский коллапс).

Части любого тела испытывают взаимное гравитационное притяжение. Однако в большинстве тел его величина недостаточна для возникновения коллапса. Для данной массы тела внутреннее поле гравитационного притяжения тем больше, чем больше его плотность, т. е. чем меньше его размеры. Для того чтобы гравитационное поле стало заметным, необходимо сжать его до колоссальных плотностей.

ПАВЕЛ КАРЛОВИЧ ШТЕРНБЕРГ (1865—1920)



Павел Карлович Штернберг — советский астроном, революционный и государственный деятель, член Коммунистической партии с 1905 г.

П. К. Штернберг родился в городе Орле. Еще в гимназические годы он увлекся астрономией. В 1887 г. он окончил физико-математический факультет Московского университета, был учеником Ф. А. Бредихина. По окончании университета П. К. Штернберга пригласили работать на обсерватории Московского университета, а в 1916 г. он стал директором этой обсерватории. П. К. Штернберг с 1914 г. был профессором Московского университета. Будучи поборником высшего женского образования в России, с 1901 г. преподавал на Высших женских курсах.

До февраля 1917 г. никто на университетской обсерватории, где П. К. Штернберг жил и работал, не знал, что он — активный член Московского комитета партии большевиков, руководитель его Военно-технического бюро, которое подготавливало вооруженное восстание. Штернберг принимал активное участие в Великой Октябрьской социалистической революции, был членом Центрального штаба Красной гвардии, возглавлял боевые действия рабочих в Замоскворечье.

После Октябрьской революции П. К. Штернберг участвовал в разработке положения о высшей школе, широко открывшей двери людям из народа. В годы гражданской войны он был членом Реввоенсовета Восточного фронта.

В области астрономии П. К. Штернбергу принадлежат важные новаторские труды по трем научным проблемам. Он изучал движение земных полюсов, вызывающее изменение широт различных мест на Земле. Одним из первых он применил фотографию для точных измерений в астрономии (особенно для изучения двойных звезд). Много внимания Штернберг уделял работам по определению силы тяжести (гравиметрия) в разных местах Европейской России. Эти работы имеют большое практическое значение: они помогают обнаруживать залежи полезных ископаемых. Сейчас такие исследования развернулись на территории нашей страны в огромных масштабах.

Имя П. К. Штернберга в 1931 г. было присвоено Астрономическому институту при Московском университете. Астероид № 995 получил название Штернберг.

Так, например, для того чтобы произошел гравитационный коллапс *Земли,* ее плотность должна возрасти до 10^{27} г/см^3, т. е. в триллионы раз превысить ядерную плотность. Однако с ростом массы внутреннее поле гравитационного притяжения также растет и достаточное для коллапса значение плотности уменьшается.

В таких массивных объектах, как звезды, роль сил гравитационного сжатия становится определяющей. Эти же силы вызывают сжатие облаков газа при образовании *звезд* и *галактик.* Такое сжатие носит характер своеобразного падения частиц газа к центру образующейся звезды или галактики. В этом смысле говорят о гравитационном коллапсе протозвезд и протогалактик.

Существование звезд связано с взаимным притяжением их атомов, но в обычных звездах это притяжение уравновешивается внутренним давлением вещества, что и обеспечивает их устойчивость. При высоких температурах и плотностях, характерных для недр звезд, атомы вещества ионизованы и давление вещества обусловлено движением свободных электронов и ионов. На основных, наиболее продолжительных стадиях эволюции звезд такое движение является тепловым. Оно поддерживается выделением энергии при реакциях термоядерного синтеза (см. *Звезды*). Однако запас термоядерного топлива в звездах ограничен и конечная судьба звезд определяется возможностью равновесия сил гравитационного сжатия и давления остывающего вещества звезды, исчерпавшей весь запас своей тепловой энергии. Такие условия равновесия осуществляются в *белом карлике* или в вырожденных ядрах звезд с массой меньше 5—10 масс *Солнца,* где гравитационному сжатию противодействует давление электронов. Но у белого карлика или вырожденного ядра звезды с большей массой плотность электронов становится настолько большой, что они как бы вдавливаются в ядра и, взаимодействуя с ядерным веществом, превращаются в нейтрино. Этот захват электронов ядрами приводит к уменьшению давления электронов, противодействующего гравитационному сжатию, и происходит гравитационный коллапс.

Гравитационный коллапс в белом карлике или вырожденном ядре звезды сопровождается дальнейшим захватом электронов ядрами и интенсивным нейтринным излучением, уносящим практически всю энергию гравитационного сжатия. Давление электронов становится все меньше, поэтому сжатие представляет собой свободное падение вещества к центру звезды. В конечном счете коллапсирующее вещество состоит из одних нейтронов. Возникающее при этом давление нейтронного вещества может уравновесить силы гравитационного сжатия, и гравитационный коллапс закончится образованием *нейтронной звезды.* Нейтринное излучение при коллапсе в нейтронную звезду может обеспечить эффективную передачу энергии внешним слоям коллапсирующей звезды, достаточной для их сброса с большой кинетической энергией; при этом наблюдается взрыв *сверхновой звезды.*

Однако гравитационный коллапс массивных звезд с массами, превышающими 5—10 масс Солнца, не заканчивается на стадии нейтронной звезды. С повышением массы нейтронной звезды плотность ее вещества растет и отталкивание нейтронов уже не может обеспечить эффективное противодействие гравитационному сжатию. Коллапс переходит в релятивистский гравитационный коллапс, и образуется черная дыра. Наличие максимальной массы устойчивого белого карлика и нейтронной звезды означает, что массивные звезды (с массой, в 10 раз превышающей массу Солнца) неизбежно закончат свое существование в процессе релятивистского гравитационного коллапса.

Гравитационный коллапс в черную дыру представляет собой явление, в котором эффекты общей теории относительности становятся определяющими. Сам коллапс происходит как свободное падение к центру образующейся черной дыры, но в соответствии с законами общей теории относительности удаленный наблюдатель будет видеть это падение как при все более замедленной киносъемке: для него процесс коллапса будет продолжаться бесконечно долго. При коллапсе в черную дыру меняются геометрические свойства пространства и времени. Искривление световых лучей оказывается столь сильным, что никакой сигнал не может покинуть поверхность коллапсирующего тела. Вещество, ушедшее под радиус черной дыры, полностью обособляется от остального мира, продолжая, однако, влиять на окружение своим гравитационным полем.

ГРАВИТАЦИЯ

Гравитацией называется взаимное притяжение сил, действующее на все объекты во *Вселенной.* Согласно классическому закону всемирного тяготения *И. Ньютона,* все тела притягиваются друг к другу с силой, пропорциональной их массам и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними; она не зависит от других свойств тел.

Интерес к проблеме гравитации возник задолго до Ньютона. В IV в. до н. э. Аристотель утверждал, что все тела падают, потому что они стремятся к центру Вселенной, а этим центром является *Земля.* При этом считалось, что, чем тяжелее тело, тем быстрее оно падает. Такое представление продержалось около

2 тысячелетий и было опровергнуто в результате опытов *Г. Галилея* со свободным падением тел. Галилей доказал, что если освободиться от сопротивления воздуха, то все тела упадут на Землю с одинаковым ускорением. Большой вклад в развитие идей о всемирном тяготении внесло открытие *И. Кеплером* законов движения планет. Все эти факты подготовили почву для открытия И. Ньютоном закона всемирного тяготения в 1685 г. Этот закон, а также сформулированные Ньютоном три основных принципа механики: закон инерции, закон пропорциональности ускорения действующей силе и обратной пропорциональности массе и закон равенства действия противодействию — легли в основу современной классической, или, как часто говорят, ньютоновой, механики.

Всемирное тяготение пронизывает всю Вселенную. Под его действием движутся *планеты* вокруг *Солнца,* взаимодействуют *галактики,* конденсируются частицы в космическом пространстве, образуя звезды, движутся искусственные спутники и другие космические аппараты. Под воздействием этой же силы происходят геотектонические процессы на Земле и других планетах, формируется лик Земли и планет, идут метеорологические процессы (см. *Гравиметрия*).

Но при всей строгости ньютоновой теории тяготения существовала трудность с объяснением механизма тяготения. Каким образом гравитационное взаимодействие передается мгновенно на любые расстояния?

В течение XVIII—XIX вв. физики искали механизм, объясняющий тяготение. Сам Ньютон пытался вначале объяснить дальнодействие тяготения наличием эфира, тонкого вещества переменной плотности, которое, вытесняя более грубое вещество и заполняя поры тел, вызывает тем самым эффект притяжения. Но впоследствии он от поисков механизма тяготения отказался.

В течение двух веков физики обсуждали два типа механизмов, объясняющих гравитацию: с помощью эфира и с помощью корпускул. Однако эти объяснения не выдерживали серьезной критики.

В 1916 г. немецкий физик А. Эйнштейн опубликовал работу, в которой он изложил новую теорию гравитации, названную им общей теорией относительности. Эта теория не требует объяснения принципа дальнодействия, а вместе с тем не нуждается ни в эфире, ни в корпускулах (см. *Теория относительности*).

В общей теории относительности существенную роль играет так называемый принцип эквивалентности. Смысл его заключается в том, что, сообщив наблюдателю некоторое постоянное ускорение, можно полностью имитировать поле тяготения.

Более строго принцип эквивалентности формулируется следующим образом. Как известно, во второй закон механики Ньютона $F = m_И \alpha$, где F — сила, а a — ускорение, входит коэффициент $m_И$, называемый инертной массой. Он характеризует степень инерции тела, т. е. способность тела сопротивляться внешнему воздействию, которое изменяет его состояние движения. В закон всемирного тяготения Ньютона $F = Gm_{\tau 1}m_{\tau 2}/r^2$, где G — гравитационная постоянная, $m_{\tau 1}m_{\tau 2}$ — массы притягивающихся тел, а г — расстояние между ними, входит величина m_τ . Она характеризует способность тела притягивать к себе другие тела и называется тяготеющей массой. Таким образом, принцип эквивалентности означает, что для любого тела $m_И = m_\tau$, т. е. масса инертная равна массе тяготеющей.

Исходя из этих предпосылок, Эйнштейн и получил свои уравнения для описания гравитационного поля. Уравнения эти весьма сложны. Они позволяют интерпретировать гравитацию как поле искривления пространства. В пустоте, т. е. при отсутствии материальных тел, пространство-время Эйнштейна совпадает с обычным трехмерным евклидовым пространством и подчиняется всем теоремам геометрии Евклида. Но в присутствии материальных тел пространство-время искривляется, причем, чем ближе к телу и чем больше его масса, тем искривление больше.

Гравитационное поле точечной массы обладает в теории Эйнштейна так называемой ловушечной поверхностью. Это такая поверхность, охватывающая притягивающие массы, достигнув которой любое тело, обладающее массой, притягивается к центральной массе с такой силой, что неизбежно падает на нее. Радиус r_g такой поверхности называется гравитационным радиусом. Если гравитационный радиус больше геометрических размеров тела, то ни одна материальная частица не может покинуть это тело. Таким образом, если размеры какой-нибудь звезды по тем или иным причинам становятся меньше гравитационного радиуса, ничто, в том числе и излучение, не может покинуть звезду. Такие звезды называются *черными дырами.*

Теория Эйнштейна дала правильный количественный результат для ряда эффектов, необъяснимых с точки зрения теории Ньютона. Таковы эффект искривления луча света вблизи тяготеющей массы, эффект движения перигелия Меркурия и эффект красного смещения спектральных линий излучения звезд под действием тяготения.

Эйнштейн не считал свою теорию завершенной и искал ее обобщения. Сейчас попытки ее обобщений основаны на поисках единой теории поля. Исходным пунктом этих обобщений является предположение о существовании некоего праполя, порождающего все элементарные частицы и их поля, в том числе и поле тяготения.

Д, Е

ДВОЙНЫЕ ЗВЕЗДЫ

Двойные звезды — пары звезд, связанные в одну систему силами тяготения (см. *Гравитация*). Компоненты таких систем описывают свои орбиты вокруг общего центра масс. Существуют тройные, четверные звезды; их называют кратными звездами.

В зависимости от размеров орбит и их расположения в пространстве, а также от расстояния от нас двойные звезды изучают самыми разными методами, их наблюдения ведут с помощью различных инструментов, включая современные спектр-интерферометры и интерферометры с длинной базой.

Системы, в которых компоненты можно разглядеть в *телескоп* или сфотографировать с помощью длиннофокусного *астрографа*, называют визуально-двойными звездами. Правда, среди наблюдаемых двойных звезд не все образуют физические пары. Иногда звезды, хотя и кажутся близкими на небе, на самом деле лишь случайно расположены в одном направлении для земного наблюдателя. В пространстве их разделяют громадные расстояния. Это оптические двойные звезды. К середине XVIII в. было известно 20 визуально-двойных звезд. Теперь же в каталоги визуально-двойных звезд включено более 70 000 (включая широкие пары).

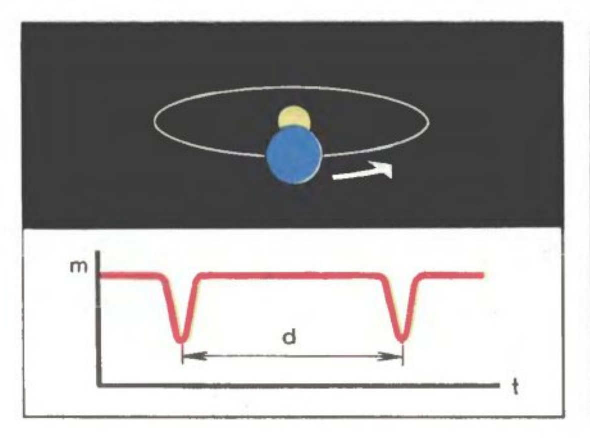
Другой тип двойных составляют те звезды, у которых плоскости орбит близки к направлению луча зрения. При движении такие звезды попеременно загораживают друг друга, поэтому блеск системы временно ослабевает. Это затменно-двойные звезды. Мы не можем увидеть отдельно их компоненты, так как угловое расстояние между ними очень мало, и судим о двойственности системы по периодическим колебаниям блеска. Затменно-двойных открыто уже более 4000.

Если компоненты двойной звезды очень близки между собой и достаточно ярки, то можно сфотографировать их спектры и подметить периодическое расщепление спектральных линий вследствие эффекта Доплера (см. *Лучевая скорость*). Если один из компонентов — слабая звезда, то наблюдается лишь периодическое колебание положения одиночных линий. Оно свидетельствует об орбитальном движении компонентов вокруг их общего центра масс. Это спектрально-двойственные звезды. Их известно около 2500.

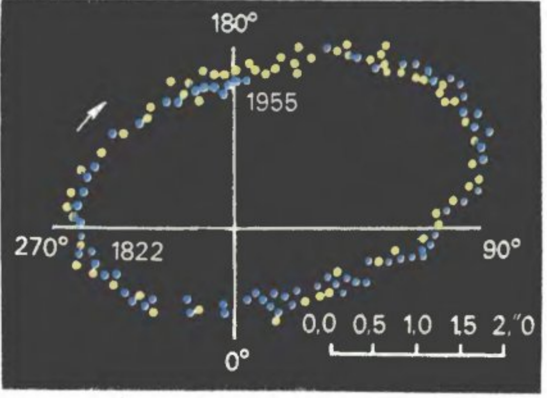
Изучать двойные звезды начал английский астроном *В. Гершель* в конце XVIII в. и продолжил в начале XIX в. русский астроном *В. Я. Струве*. В последние годы исследование их особенно привлекает ученых, ведь *новые звезды* и *сверхновые звезды*, некоторые типы вспыхивающих звезд, источники космического рентгеновского излучения, *нейтронные звезды* и *черные дыры* оказались компонентами двойных звезд.

В настоящее время можно сделать вывод, что более 70% всех звезд входит в состав двойных или кратных звезд различного вида. При этом наблюдаются комбинированные системы. Например, компонент визуально-двойной звезды сам оказывается спектрально-двойной или затменно-двойной звездой и т. п.

К перечисленным видам двойных можно присоединить еще звезды со сложным спектром. Это свидетельствует о том, что компоненты —

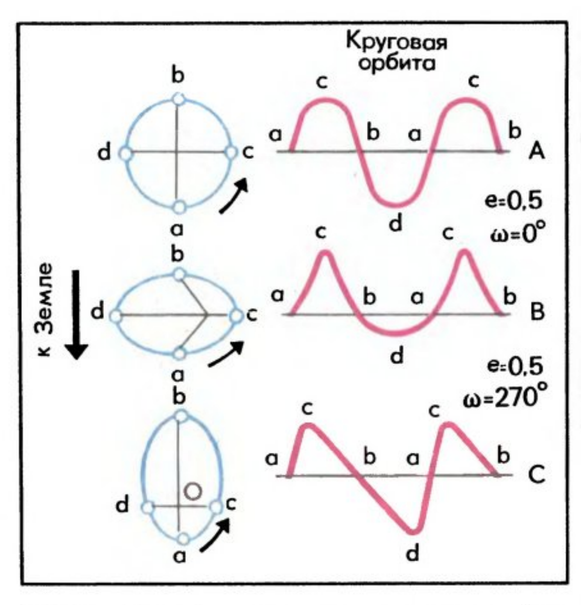


Кривая блеска затменно-двойной звезды с периодом d. Расположение компонентов соответствует минимуму блеска.

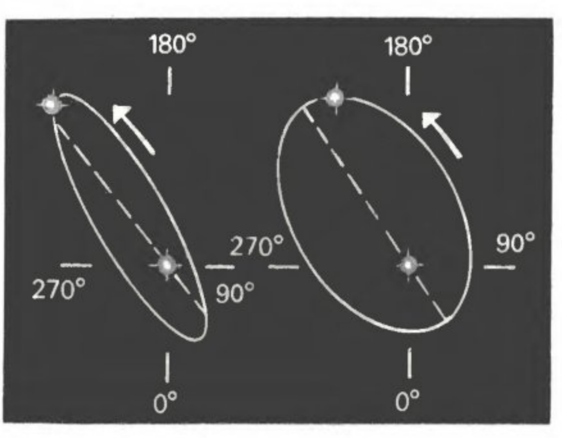


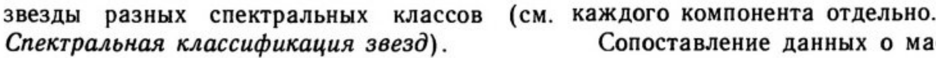
Видимая орбита визуально-двойной звезды.

Орбиты главного компонента относительно центра масс и изменения лучевых скоростей спектрально-двойной звезды.



Видимая (слева) и истинная (справа) орбиты визуально-двойной звезды.




звезды разных спектральных классов (см. *Спектральная классификация звезд*).

Двойными являются и звезды с одинаковым *собственным движением* (при отсутствии других признаков двойственности). Это так называемые широкие пары.

При помощи многоцветной фотоэлектрической фотометрии можно обнаружить двойственность звезды, которая иначе ничем себя не проявляет. Это фотометрические двойные. Кроме того, существуют астрометрические двойные или звезды с невидимыми спутниками (см. *Невидимые спутники звезд*), которые также должны быть причислены к двойным звездам. Их сейчас известно около 20.

Для определения элементов орбиты визуально-двойной надо накопить за много лет достаточное число измерений, чтобы уверенно начертить эллипс видимой орбиты. Движение спутника (более слабой звезды) относительно главной происходит согласно законам Кеплера (см. *Кеплера законы*). Лишь у нескольких десятков визуально-двойных пар надежно вычислены элементы орбит. Их периоды обращения составляют от нескольких лет до нескольких сотен лет.

Когда известно расстояние двойной звезды от нас, т. е. когда измерен ее *параллакс*, можно определить сумму масс компонентов системы, применив третий закон Кеплера.

Для многих систем из наблюдений кроме суммы масс можно определить также и отношение масс и таким образом вычислить массу каждого компонента отдельно.

Сопоставление данных о массах звезд и их *светимостях* позволило составить диаграмму «масса — светимость» (см. *«Масса — светимость» диаграмма*).

ДОЛГОТА ДНЯ

Долгота дня — продолжительность части суток с солнечным освещением; период между восходом и заходом верхнего края *Солнца*, в течение которого хотя бы часть его остается над горизонтом. Долгота дня имеет большое значение в жизни и трудовой деятельности людей. Наряду с моментами восхода и захода Солнца долгота дня публикуется в перекидных настольных календарях на каждый день года.

Долгота дня обусловлена суточным вращением *Земли* около оси и орбитальным обращением ее вокруг Солнца. Вследствие суточного вращения Земли диск Солнца совершает ежедневное видимое перемещение по небосклону с востока на запад, достигая наивысшего положения в момент *кульминации* в южной части неба. Кроме того, из-за обращения Земли по ор-



Измерение углового расстояния (ρ) между компонентами двойной звезды (красным отмечена подвижная нить микрометра).

бите диск Солнца совершает также ежегодный видимый обход *небесной сферы,* двигаясь по *эклиптике,* в связи с чем его склонение (см. *Небесные координаты)* меняется в пределах от —23,5° до +23,5°. Смещение Солнца по эклиптике влияет на долготу дня по-разному на различных географических широтах Земли.

В день весеннего равноденствия Солнце находится в точке пересечения эклиптики с небесным экватором и долгота дня повсюду на Земле составляет примерно 12 ч. В своем дальнейшем движении по эклиптике Солнце переходит в северное полушарие небесной сферы, так что его склонение постепенно возрастает до максимального значения +23,5°. Долгота дня на экваторе Земли независимо от движения Солнца по эклиптике по-прежнему остается равной примерно 12 ч, но по мере удаления от экватора Земли существенно меняется. Для Северного полушария долгота дня в связи с возрастанием склонения Солнца увеличивается, для Южного полушария — уменьшается.

После дня весеннего равноденствия, как только склонение Солнца становится больше 0°, на Северном полюсе земного шара Солнце перестает скрываться под горизонтом, и там наступает полярный день. Полярный день на полюсе длится полгода. С ежедневным увеличением склонения Солнца зона полярного дня вблизи Северного полюса становится обширнее. Полярный день наступает на тех широтах, которые отстоят от Северного полюса на величину, численно равную склонению Солнца. Чем дальше от полюса, тем позже наступает полярный день и тем короче будет его продолжительность.

В тот же период года вблизи Южного полюса Земли наблюдается противоположная картина. После того как склонение Солнца стало больше 0°, Солнце уже не восходит над Южным полюсом, и здесь наступает полярная ночь. Если склонение Солнца достигло величины, например, +12° и в Арктике на северных широтах выше +78° воцарился полярный день, то в Антарктике на широтах от —78° до Южного полюса наступила полярная ночь.

Склонение Солнца достигает максимального значения +23,5° в день летнего солнцестояния — 21 или 22 июня. В этот день долгота дня для всех широт Северного полушария максимальна, а для всех широт Южного — минимальна. На Северном полярном круге в этот день — единственный день в году — Солнце не закатывается под горизонт. На Южном по-

КОГДА ВЗОЙДЕТ СОЛНЦЕ?

Вы, конечно, знаете, что моменты восхода и захода Солнца (а следовательно, и долгота дня) неодинаковы в местах с различной географической широтой и изменяются в течение года вследствие изменения склонения Солнца. Поэтому, приступая к определению моментов восхода и захода Солнца в определенный день, прежде всего выясните с помощью «Астрономического календаря» склонение Солнца δ в этот день. Широту того места, где вы живете, вы определите по Полярной звезде с помощью какого-либо угломерного инструмента (можете использовать и самодельный). Поскольку высота полюса мира в любой точке Земли равна географической широте этой точки, а Полярная звезда расположена почти точно в полюсе мира (расстояние ее от полюса мира составляет менее 1°), то, измерив высоту Полярной звезды, вы тем самым получите и географическую широту места (φ).

Широту можно определить также и по точной географической карте.

Теперь приступайте к вычислениям, используя для определения τ формулу

$$\cos\tau = \frac{\sin\delta \cdot \sin\varphi + 0{,}0145}{\cos\delta \cdot \cos\varphi}$$

Откуда в числителе берется дробь 0,0145? Дело в том, что в «Астрономическом календаре» указано склонение центра солнечного диска, а восходом Солнца считается момент, когда над горизонтом появляется верхний край солнечного диска. В этот момент центр Солнца еще не поднялся над горизонтом и находится на 15′ ниже его. Кроме того, восход Солнца наблюдается несколько раньше, а заход позже того момента, когда эти явления происходят в действительности, из-за астрономической рефракции, приподнимающей небесные светила над горизонтом. Вот эта дробь и учитывает влияние двух описанных эффектов на результаты ваших вычислений.

Если τ выразить в часовой мере (15° = 1 ч; 15′ = 1 мин), то моменты восхода $t_в$ и захода $t_з$ Солнца, выраженные в местном истинном солнечном времени (см. *Измерение времени*), составят: $t_в = \tau$; $t_з = 24\text{ ч} - \tau$.

Поскольку вам будет интересно узнать моменты восхода и захода Солнца во времени (летнем и декретном) часового пояса, в котором расположен ваш населенный пункт, вам понадобится провести дополнительные вычисления, определив поправку Δt способом, описанным в статье *Ваши солнечные часы.*



лярном круге Солнце в этот день один раз не восходит над горизонтом, и там на одни сутки опускается полярная ночь.

Реальная картина несколько сложнее, чем описанная, поскольку появление Солнца фиксируется не по центру диска, а по верхнему краю, и из-за рефракции диск Солнца появляется над горизонтом несколько раньше, а уходит под горизонт несколько позже, чем это следует из чисто геометрических соображений. Кроме того, склонение Солнца изменяется с течением дня. Эти обстоятельства в обоих полушариях Земли всегда увеличивают продолжительность светлого времени суток и сокращают ночь. Вблизи дня летнего солнцестояния, когда за Северным полярным кругом повсюду царит полярный день, в прилегающих к нему районах наступают белые ночи (см. *Сумерки*).

После дня летнего солнцестояния склонение Солнца начинает уменьшаться, и описанная выше обстановка меняется в обратном порядке. Долгота дня в умеренных широтах Северного полушария Земли сокращается, в Южном полушарии — увеличивается. Сокращается зона полярного дня вблизи Северного полюса Земли и зона полярной ночи — вблизи Южного. Так продолжается до наступления дня осеннего равноденствия, когда Солнце возвращается к небесному экватору, и его склонение вновь становится равным нулю; по всей Земле светлое время дня сравнивается с ночью.

В дальнейшем движении Солнца по эклиптике его склонение принимает отрицательное значение. Северное и Южное полушария Земли как бы меняются местами. Так продолжается до 21 или 22 декабря — дня зимнего солнцестояния, когда склонение Солнца достигает минимального значения —23,5°. В этот день долгота дня на всех широтах Северного полушария минимальна, в Южном полушарии — максимальна. Вслед за наступлением дня зимнего солнцестояния склонение Солнца начинает возрастать, и ко дню весеннего равноденствия весь описанный цикл изменений подходит к концу.

Долгота дня на различных широтах для территории СССР с точностью до 2—3 мин приведена в таблице.

Долгота дня на различных широтах

Сев. широта		34°		40°		46°		52°		58°		64°	
Дата		ч	мин	ч	мин	ч	мин	ч	мин	ч	мин	ч	мин
Январь	1	9	54	9	23	8	43	7	51	6	36	4	27
	11	10	04	9	34	8	56	8	08	6	58	5	05
	21	10	16	9	49	9	15	8	32	7	31	5	59
Февраль	1	10	34	10	10	9	42	9	06	8	18	7	06
	11	10	51	10	33	10	10	9	42	9	04	8	10
	21	11	10	10	58	10	40	10	21	9	53	9	16
Март	1	11	27	11	18	11	06	10	52	10	33	10	08
	11	11	48	11	44	11	39	11	32	11	24	11	12
	21	12	10	12	12	12	12	12	12	12	15	12	18
Апрель	1	12	32	12	38	12	48	12	57	13	10	13	38
	11	12	53	13	05	13	19	13	38	14	02	14	34
	21	13	13	13	30	13	51	14	16	14	50	15	40
Май	1	13	32	13	54	14	21	14	52	15	37	16	46
	11	13	50	14	15	14	47	15	28	16	23	17	52
	21	14	04	14	34	15	10	15	58	17	04	18	56
Июнь	1	14	16	14	48	15	30	16	24	17	42	20	00
	11	14	23	14	58	15	42	16	38	18	04	20	44
	21	14	26	15	01	15	46	16	45	18	11	21	00
Июль	1	14	23	14	58	15	42	16	40	18	03	20	45
	11	14	16	14	49	15	30	16	24	17	42	20	04
	21	14	06	14	36	15	14	16	02	17	10	19	07
Август	1	13	50	14	16	14	48	15	29	16	29	17	58
	11	13	32	13	56	14	20	14	56	15	43	16	53
	21	13	14	13	32	13	53	14	20	14	55	15	48
Сентябрь	1	12	53	13	05	13	20	13	38	14	03	14	36
	11	12	32	12	40	12	48	13	00	13	13	13	32
	21	12	12	12	14	12	17	12	20	12	23	12	28
Октябрь	1	11	50	11	47	11	44	11	40	11	34	11	24
	11	11	29	11	20	11	11	11	00	10	43	10	20
	21	11	09	10	56	10	40	10	20	9	54	9	15
Ноябрь	1	10	49	10	29	10	06	9	34	9	01	8	05
	11	10	31	10	07	9	40	9	02	8	14	7	02
	21	10	16	9	48	9	15	8	32	7	33	6	01
Декабрь	1	10	04	9	34	8	56	8	08	6	59	5	05
	11	9	56	9	23	8	43	7	51	6	36	4	28
	21	9	54	9	20	8	36	7	45	6	28	4	12

ДОПЛЕРА ЭФФЕКТ

В этой статье рассказывается, как используется в науке и технике эффект Доплера в радиосигналах искусственных спутников Земли.

Вследствие эффекта Доплера (см. *Лучевая скорость)* наземные станции принимают радиосигналы, излучаемые *искусственными спутниками* Земли в частотах, отличных от тех, на которые настроены бортовые радиопередатчики. Появившись в зоне радиослышимости станции, спутник сначала приближается к ней, а затем, пройдя точку орбиты, наиболее близкую к станции, начинает удаляться. В соответствии с этим принимаемые на станции радиосигналы сначала имеют частоту более высокую по сравнению со стандартной частотой излученного сигнала, постепенно она уменьшается и в конце концов становится более низкой, чем стандартная частота.

Уже в 1957 г. были разработаны методы определения орбиты спутника путем анализа характера изменения доплеровского сдвига частоты при пролете спутника около одной или нескольких станций с известными географическими координатами. Почти в то же время была решена и обратная задача, заключающаяся в определении координат станции по доплеровским сдвигам частот радиосигналов, излученных спутником с хорошо известной орбитой.

В 60—70-х гг. были созданы специальные системы навигационных спутников, обеспечивающие возможность определения места распо-

ложения наблюдателя с помощью аппаратуры, принимающей и анализирующей доплеровский сдвиг частот радиосигналов, излучаемых спутником. Так, американская система «Транзит» включает в себя часть спутников, обращающихся вокруг Земли по круговым орбитам на высоте около 1000 км над поверхностью Земли (период обращения около 107 мин). Наземная сеть постоянно работающих станций наблюдает, оперативно фиксирует все изменения в движении спутников и улучшенные элементы орбиты каждые 12 ч записывает в память бортовых электронных вычислительных машин.

В основе метода определения положения наблюдателя с помощью доплеровских навигационных спутников лежат следующие соображения. Если в течение некоторого точно зафиксированного интервала времени (обычно 2 мин) регистрировать доплеровский сдвиг частот радиосигналов, излучаемых спутником, то не представляет большого труда вычислить, на какое расстояние приблизился или удалился спутник за время наблюдений (как известно, доплеровский сдвиг частот пропорционален лучевой скорости спутника). Иными словами, из наблюдений становится известной разность расстояний от станции до точек орбиты спутников, в которых он начал и кончил передачу очередной серии радиосигналов. Координаты этих точек автоматически вычисляются на борту спутника и также передаются по радио наблюдателю.

Этих данных достаточно, чтобы определить поверхность («поверхность положения»), на которой где-то расположен наблюдатель; эта поверхность имеет форму гиперболоида. Проведя три серии наблюдений, наблюдатель получает возможность математическим путем найти общую точку трех гиперболоидов и таким образом определить свое местоположение. Обычно все измерения и вычисления проводятся автоматически, с помощью портативной аппаратуры, которую можно разместить и на борту корабля, и в любой точке земной поверхности.

Доплеровские приемники, первоначально предназначавшиеся для нужд навигации, скоро вошли в практику геодезических работ, а с 1969 г. система «Транзит» используется также и для определения координат полюса (см. *Служба движения полюсов*). Координаты полюса вычисляются в виде поправок к «среднему» положению полюса, используемому при определении орбит спутников.

С 1973 г. Международное бюро времени использует эти наблюдения наряду с классическими астрономическими определениями широт и долгот.

ЕДИНИЦЫ РАССТОЯНИЙ

В Международной системе единиц СИ, применяемой в СССР с 1961 г., основной единицей длины является метр (м). Большие расстояния, как известно, определяются в километрах (км). Но и метры и километры неудобны для измерений расстояний, с которыми приходится иметь дело астрономам. Ведь даже относительно небольшое по астрономическим масштабам расстояние *Земли* от *Солнца* в метрах приближенно выражается числом 15 с 10 нулями.

В астрономии принята своя система единиц длины; в ней все расстояния записываются в виде удобных, достаточно коротких чисел.

Так, для измерения расстояний внутри *Солнечной системы* используется астрономическая единица, равная среднему расстоянию Земли от Солнца.

1 астрономическая единица (а. е.) = = 149 600 000 000 м. Среднее расстояние *Плутона* от Солнца в этих единицах выражается коротким числом 39,5 а. е.

Однако и эта единица длины мала для измерения расстояний в нашей *Галактике*, а тем более для расстояний до других галактик. Для этой цели используется единица длины, носящая название — парсек. Парсек — это такое расстояние, с которого средний радиус земной орбиты (равный 1 а. е.), перпендикулярный лучу зрения, виден под углом 1″.

1 парсек (пс) = 206 265 а. е. = $31 \cdot 10^{15}$ м ($31 \cdot 10^{15}$ означает 31 с 15 нулями).

В астрономии, главным образом в популярных изданиях, применяется также единица длины — световой год. Это расстояние, которое свет проходит за 1 год, распространяясь со скоростью 300 000 км/с.

1 световой год = 0,3066 пс = 63 240 а. е. = = $9,5 \cdot 10^{15}$ м.

Для измерения еще больших расстояний применяются единицы:

1 килопарсек (кпс) = 1000 пс;

1 мегапарсек (Мпс) = 1 000 000 пс.

Диаметр нашей Галактики в этих единицах равен 25 кпс, расстояние до скопления галактик в созвездии Волопаса — «всего» 650 Мпс (в метрах это расстояние приблизительно равно $2 \cdot 10^{25}$).

З

ЗАТМЕНИЯ СОЛНЦА И ЛУНЫ

Солнечные и лунные затмения — интереснейшие явления природы, знакомые человеку с глубокой древности. Они бывают сравнительно часто, но видны не из всех местностей земной поверхности и поэтому многим кажутся редкими.

Солнечные затмения происходят в новолуния, когда Луна, обращаясь вокруг Земли, оказывается между Землей и Солнцем и полностью или частично заслоняет его. Луна расположена ближе к Земле, чем Солнце, почти в 400 раз, и в то же время ее диаметр меньше диаметра Солнца также приблизительно в 400 раз. Поэтому видимые размеры Луны и Солнца почти одинаковы, и Луна может закрыть собой Солнце.

Казалось бы, солнечные затмения должны происходить через 29,53 сут, т. е. каждое новолуние (см. *Фазы Луны и планет*). На самом деле это не так.

Луна движется вокруг Земли с запада на восток, и ее видимый путь на небе пересекается под углом 5° с эклиптикой — видимым путем, по которому происходит кажущееся годичное перемещение Солнца на фоне звезд из-за обращения Земли вокруг него. Точки пересечения лунного пути с эклиптикой называются лунными узлами и отстоят друг от друга на 180°. Лунные узлы все время смещаются по эклиптике к западу (т. е. навстречу движению Луны) на 19,3° за год, или на 1,5° за месяц. Поэтому Луна поочередно проходит лунные узлы (т. е. пересекает эклиптику) через каждые 13,6 сут и в середине этих промежутков времени удаляется от эклиптики на 5°. Когда новолуния происходят вдали от лунных узлов, Луна не закрывает Солнца (рис. 1, новолуния 1, 2, 6, 7, 8, 9, 13, 14). Но примерно через каждые полгода новолуния бывают вблизи лунных узлов, и тогда происходят солнечные затмения (рис. 1, новолуния 3, 4, 5, 10, 11, 12).

Шарообразная Луна освещается Солнцем, и так как линейный диаметр Луны почти в 400 раз меньше солнечного диаметра, то лунная тень имеет форму сходящегося круглого конуса и окружена расходящимся конусом полутени (рис. 2). Когда новолуние наступает на расстоянии не более 11° от лунного узла, то лунная тень и полутень падают на Землю в виде овальных пятен, которые с большой скоростью — около 1 км/с — пробегают по земной поверхности с запада на восток. В районах земной поверхности, оказавшихся в лунной тени (*A* на рис. 2), видно полное солнечное затмение, т. е. Солнце полностью закрыто Луной. В местностях, покрытых полутенью (*B, C* на рис. 2), происходит частное солнечное затмение: из южной зоны *C* полутени видна закрытой северная (верхняя) часть солнечного диска, а из северной зоны *B* — южная (нижняя) его часть. За границей лунной полутени затмения вообще не происходит. Таким образом, солнечное затмение видно не на всей поверхности Земли, а только там, где пробегает тень и полутень Луны.

Путь лунной тени по земной поверхности называется полосой полного солнечного затмения. Ширина этой полосы и продолжительность полного солнечного затмения зависят от взаимных расстояний Солнца, Земли и Луны во время затмения. Чаще всего ее ширина бывает от 40 до 100 км, а продолжительность полной фазы затмения — 2÷3 мин. Наибольшая же возможная ширина полосы полного затмения не превышает 270 км, длительность полного затмения доходит до 7 мин 31 с. Но такие затмения крайне редки.

Если во время солнечного затмения Луна находится в наибольшем удалении от Земли, то лунный диск будет немного меньше солнечного, и лунная тень не доходит до Земли. Вокруг темной Луны видно яркое кольцо незакрытой поверхности Солнца, т. е. произойдет кольцеобразное солнечное затмение (рис. 3, *A*), которое может продолжаться до 12 мин.

По обе стороны от полосы полного или кольцеобразного затмения, иногда до расстояния почти в 3500 км, видно только частное затмение (*B* и *C*).

Полное и кольцеобразное солнечные затмения начинаются с частных фаз. Наблюдать затмение можно только сквозь темный светофильтр (темное стекло). Сквозь темное стекло хорошо видно, как Луна постепенно заслоняет Солнце с его правого края. Когда же Луна полностью закроет Солнце, т. е. только при полном затмении, наступает полумрак, на потемневшем небе появляются яркие звезды и планеты, а вокруг затмившегося Солнца видно красивое лучистое сияние жемчужного цвета — *солнечная корона*. По окончании полного (или кольцеобразного) затмения следуют убывающие частные фазы.

Когда новолуния наступают на расстоянии от 11 до 17° от лунного узла, то лунная тень проходит мимо Земли, а на земную по-

Рис. 1. Положения Солнца на эклиптике и Луны на лунном пути в различные новолуния. В новолуния, отмеченные числами 1, 2, 6, 7, 8, 9, 13, 14, солнечного затмения не происходит. В новолуния — 3, 4, 5, 10, 11, 12 — наступает солнечное затмение.

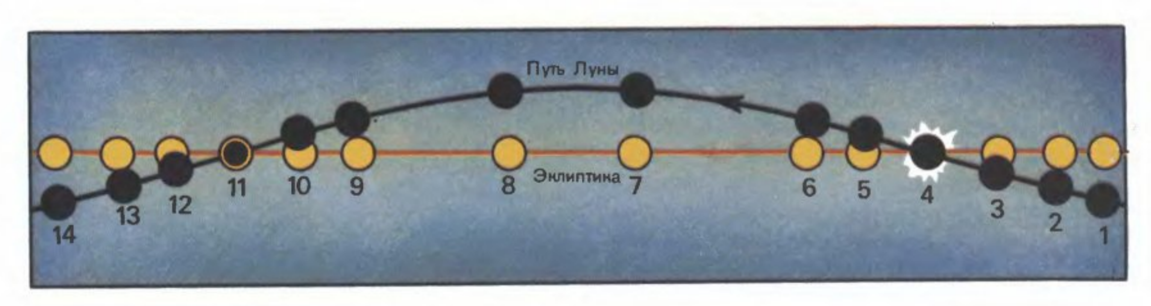
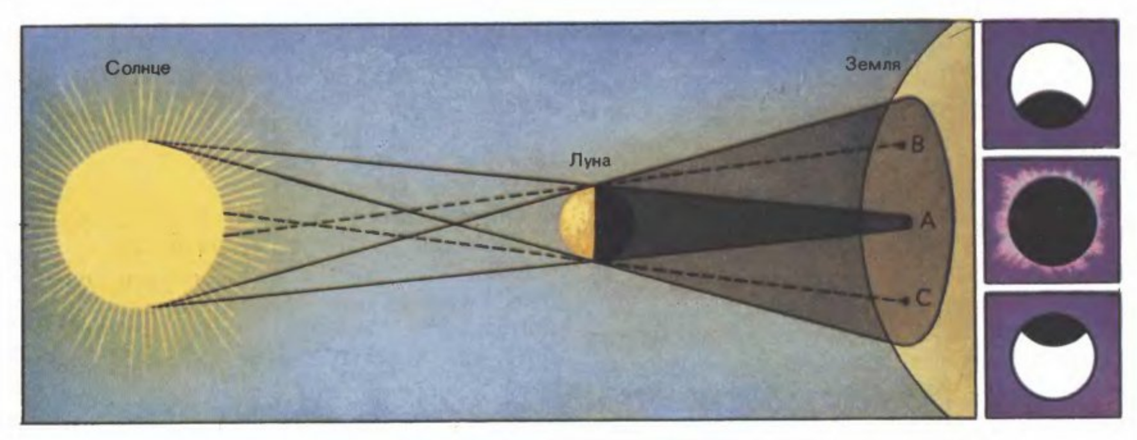


Рис. 2. Схема полного солнечного затмения. А — точка в зоне полного солнечного затмения; В, С — точки в зоне частного солнечного затмения.



верхность падает только лунная полутень, и тогда в покрытых ею местностях происходит только частное затмение. При новолуниях же, наступающих на расстоянии более 18° от лунных узлов, тень и полутень Луны проходят мимо Земли и солнечных затмений вообще не происходит.

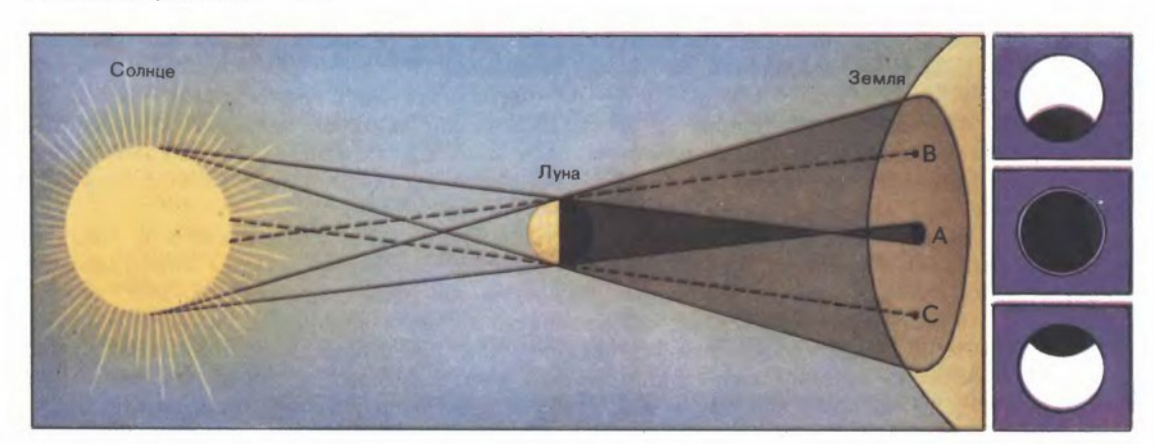
Так как новолуния вблизи лунных узлов наступают приблизительно через полгода (177—178 сут), то ежегодно обязательно бывает два солнечных затмения разного вида. Значительно реже могут наступать два новолуния подряд, разделенные промежутком времени в один месяц, по обе стороны от одного и того же лунного узла, и тогда у каждого узла произойдет по два частных затмения. На протяжении года их будет четыре, а в исключительных случаях даже пять. Такой случай произошел в 1935 г. и до 2206 г. больше не повторится.

Чаще всего за год бывает 2—3 солнечных затмения, причем одно из них, как правило, полное или кольцеобразное. Но так как в разные годы лунная тень пробегает по различным районам земной поверхности, то в каждом таком районе полные или кольцеобразные солнечные затмения происходят очень редко. Так, в окрестностях Москвы полное солнечное затмение было 19 августа 1887 г., а очередное произойдет лишь 16 октября 2126 г. Частные же солнечные затмения наблюдаются в среднем в каждой местности через 2—3 года.

Лунные затмения происходят тогда, когда Луна попадает в земную тень, которая также имеет форму круглого конуса и окружена полутенью (рис. 4). Так как земная тень направлена в сторону, противоположную Солнцу, то Луна может пройти сквозь нее только в полнолуния, когда они наступают вблизи одного из лунных узлов. Если полнолуние наступает на расстоянии не более 5° от узла, то Луна полностью погружается в земную тень, и происходит полное лунное затмение. Если же полнолуние наступает на расстоянии от 5 до 11° от узла, то лунное затмение бывает частным, т. е. Луна погружается в земную тень не полностью. При полнолуниях же, происходящих далее 11° от лунного узла, Луна в земную тень не попадает, а может пройти сквозь земную полутень. При этом ослабления лунного света практически не произойдет, и такое затмение замечено не будет.

Луна постепенно погружается в земную тень своим левым краем. При полном затмении цвет Луны становится бурым или темно-красным, поскольку солнечный свет, прелом-

Рис. 3. Кольцеобразное солнечное затмение. А — точка в зоне кольцеобразного солнечного затмения: В и С — точки в зоне частного затмения.



ляясь в земной атмосфере, все же слабо освещает Луну преимущественно красными лучами, так как они менее всего рассеиваются и ослабляются земной атмосферой. Полное лунное затмение может длиться до 1,8 ч, а вместе с предшествующими и последующими частными фазами — до 3,8 ч.

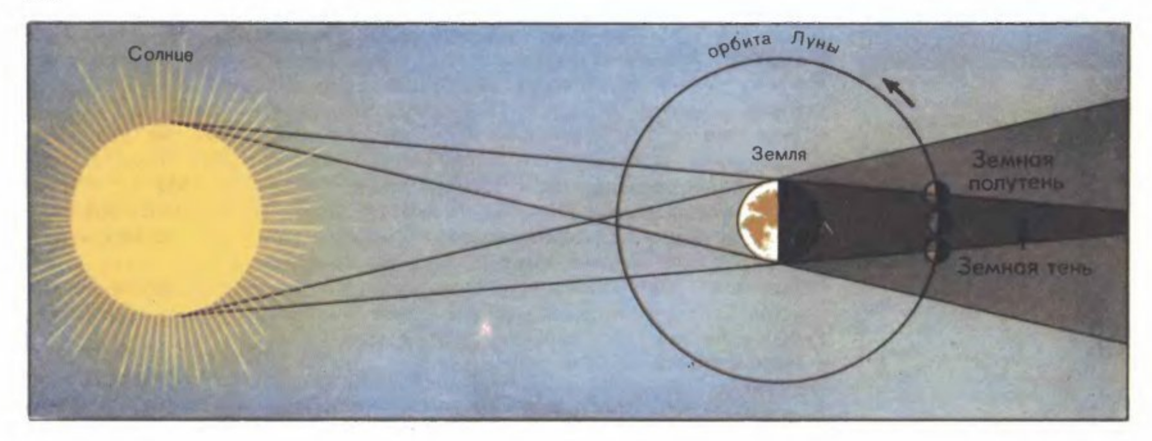
Как правило, каждый год происходит 1—2 лунных затмения, но бывают годы, когда затмений совсем нет. Лунные затмения видны со всего ночного полушария Земли, где в это время Луна находится над горизонтом. По этой причине в каждой местности они наблюдаются чаще солнечных, хотя происходят в 1,5 раза реже.

Еще в VI в. до н. э. астрономы установили, что через 6585 $^1/_3$ сут, что составляет 18 лет 11 $^1/_3$ сут (или 10 $^1/_3$ сут, если в этом периоде было 5 високосных лет), все затмения повторяются в одной и той же последовательности. Этот период повторения затмений называется саросом и позволяет заранее определить дни предстоящих затмений на много лет вперед. В течение одного сароса бывает 43 затмения Солнца и 28 затмений Луны. Прибавляя к датам затмений, наблюдавшихся в течение одного сароса, 18 лет 11 $^1/_3$ (или 10 $^1/_3$ сут), мы можем определить наступление затмений в будущем. Так, затмение Солнца, которое было 25 февраля 1952 г., повторилось 7 марта 1970 г., затем оно будет наблюдаться 18 марта 1988 г. и т. д. На основании сароса можно предсказать день затмения, но без точного указания места видимости и момента наступления. В настоящее время наступление затмений вычисляется с большой точностью на основе теории движения Луны.

ЗВЕЗДНАЯ АСТРОНОМИЯ

Звездная астрономия изучает строение и развитие нашей звездной системы — *Галактики*. Причем не только разнообразные населяющие ее *звезды*, в том числе *двойные,*

Рис. 4. Схема лунного затмения.



тройные и, вообще, кратные, но и звездные скопления — рассеянные и шаровые, а также диффузное вещество, которое образует газовые, пылевые и газопылевые облака (см. *Туманности, Звездные скопления и ассоциации*).

Звездная астрономия опирается на знания, добытые всеми другими отраслями *астрономии.* Это позволяет на основании большого статистического материала изучать взаимозависимость различных свойств астрономических объектов в Галактике, связь разных характеристик, законы их расположения и движения и признаки развития. Так, *астрометрия* дает точнейшим образом измеренные положения объектов (звезд, скоплений, туманностей и т. д.) на небесной сфере. Сравнения точных положений (координат), измеренных в различные годы, позволяют определять угловые перемещения небесных объектов на фоне более далеких звезд, т. е. определять их *собственные движения.* Не менее точные измерения нужны для определения тригонометрических звездных *параллаксов.*

Астрофизика дает нам сведения о физических свойствах звезд, в частности о температуре поверхности звезды, которая определяется из ее спектра (см. *Температура небесных тел, Спектральная классификация звезд*). Звездная астрономия интересуется истинными свойствами звезд, поэтому от видимого блеска звезды переходят к *светимости* звезды, которую можно выразить в единицах светимости Солнца или в абсолютных *звездных величинах.*

Сопоставив на одном графике данные об абсолютной звездной величине и спектральном классе для звезд с надежно измеренными параллаксами, получим *«спектр — светимость» диаграмму.*

Принадлежность звезд одного и того же спектрального класса разным последовательностям на этой диаграмме вносит небольшие, но вполне измеримые различия в интенсивности некоторых спектральных линий, что дает возможность определять светимость по одному лишь спектру, без измерения тригонометрического параллакса. Тогда по светимости можно вычислить так называемый спектральный параллакс. Этот метод спектральных параллаксов позволил в сотни тысяч раз расширить изучаемый объем пространства. Продвижение к еще большим расстояниям связано с зависимостью светимости *цефеид* от их периода. Метод цефеидных параллаксов можно применить к определению расстояний даже до других звездных систем — *галактик.*

При изучении особенности распределения звезд в Галактике учитывается влияние по-

ВАСИЛИЙ ЯКОВЛЕВИЧ СТРУВЕ (1793—1864)



Василий Яковлевич Струве — русский астроном, один из основоположников звездной астрономии, член Петербургской академии наук (с 1832 г.).

Он родился в городе Альтона (Германия) в семье директора местной гимназии, получил филологическое образование в Дерптском (ныне Тартуском, Эстонская ССР) университете, но призвание нашел в естествознании. В 1818—1839 гг. Струве — директор Дерптской университетской обсерватории; начиная с 1833 г. наиболее активный участник сооружения Пулковской обсерватории, открытой 19 августа 1839 г. Струве стал первым директором этой обсерватории. Благодаря его усилиям новая обсерватория была оборудована совершенными инструментами (в том числе в то время самым большим в мире рефрактором с 38-см объективом). При непосредственном участии Струве было проведено градусное измерение дуги меридиана на огромном пространстве от побережья Ледовитого океана до устья Дуная. В результате были получены ценные материалы для определения формы и размеров Земли.

Под руководством В. Я. Струве была определена система *астрономических постоянных,* получившая в свое время всемирное признание и использовавшаяся в течение 50 лет. С помощью построенного по его идее *пассажного инструмента* Струве определил постоянную *аберрации света.*

В области звездной астрономии Струве открыл реальное сгущение звезд к центральным частям Галактики и обосновал вывод о существовании и величине межзвездного поглощения света. Много времени уделял Струве изучению двойных звезд. Составленные им два каталога двойных звезд были опубликованы в 1827 и 1852 гг. Струве принадлежит первое (1837) успешное измерение расстояния до звезды (Веги в созвездии Лиры).

В. Я. Струве был почетным членом многих иностранных академий и обществ.

глощающей свет газопылевой материи на видимые звездные величины и измеряемые цвета звезд. Если не учесть этого поглощения света, то можно ошибиться в определении расстояния в десятки и сотни раз. Помогает решению этой задачи то, что поглощение света зависит от длины волны принимаемого излучения, т. е. помимо общего поглощения, искажающего видимую звездную величину, существует избирательное (селективное) поглощение, искажающее цвет звезды. По величине искажения цвета легко определить общее поглощение.

Измерение положения спектральных линий позволяет определить величину, связанную с пространственным движением небесного тела, — его *лучевую скорость*. Сопоставление собственных движений, параллаксов и лучевых скоростей дает возможность вычислять пространственные скорости звезд и изучать закономерности звездных движений. Так, выяснилось, что само Солнце движется в направлении границы созвездий Лиры и Геркулеса со скоростью около 20 км/с относительно звезд, видимых невооруженным глазом. Следующим достижением звездной астрономии было открытие вращения Галактики. Подробное его изучение привело к установлению того, что объекты разной физической природы (разные подсистемы) по-разному участвуют в галактическом вращении и относятся к разным составляющим Галактики. Например, горячие звезды O и B, рассеянные звездные скопления, долгопериодические цефеиды, газ и пыль относятся к плоской составляющей, само название которой говорит о близости этих объектов к основной плоскости Галактики. Короткопериодические переменные звезды типа RR Лиры, шаровые звездные скопления относятся к промежуточной составляющей.

Подобное деление звездного населения и других объектов на различные составляющие оказалось характерным и для многих наблюдаемых галактик.

Изучение расположения разных объектов в Галактике выявило ее спиральную структуру. Особый интерес представляет центральная область Галактики, где находится ее ядро с несколькими интенсивными источниками радиоизлучения.

Описанные выше исследования ведутся в разделах звездной астрономии, называемых звездной статистикой и звездной кинематикой. Еще один важный ее раздел — звездная динамика изучает закономерности движений звезд в поле тяготения звездной системы, а также эволюцию звездных систем вследствие движения звезд.

Опираясь на всю совокупность данных о расположении и движении объектов в Галактике, а также на астрофизические данные об эволюции звезд и межзвездной среды, можно оценить возраст Галактики в 10—15 млрд. лет. Однако изучать эволюцию Галактики и ее возраст можно лишь в содружестве с *внегалактической астрономией*, сопоставляя характеристики нашей Галактики с характеристиками других галактик.

ЗВЕЗДНОЕ НЕБО

В ясную безлунную ночь невооруженным глазом над *горизонтом* можно видеть около 3000 звезд (до 6-й звездной величины). *Телескопы* позволяют наблюдать более слабые звезды, причем число звезд тем больше, чем более мощный телескоп применяется: можно видеть около 350 тыс. звезд до 10-й звездной величины, 32 млн. звезд до 15-й величины, 1 млрд. звезд до 20-й величины.

Для удобства ориентировки среди огромного количества звезд на звездном небе оно разделено на участки разной формы, называемые созвездиями. В каждом созвездии наиболее яркие звезды образуют характерные фигуры (которые легко найти на небе и отождествить их со звездами на звездной карте). Созвездиям присвоены свои собственные названия.

Некоторые созвездия были выделены на небе уже в глубокой древности; к их числу принадлежат, в частности, зодиакальные созвездия (см. *Зодиак*). Названия созвездий частично заимствованы из мифологии (Андромеда, Персей и т. п.) или связаны с деятельностью людей — скотоводством, охотой (Волопас, Заяц и т. п.) и др. О происхождении

Названия созвездий

Созвездие	Расположение на небе	Созвездие	Расположение на небе
Андромеда	С	Дракон	С
Близнецы	С	Единорог	Э
Большая Медведица	С	Жертвенник	Ю
Большой Пес	Ю	Живописец	Ю
Весы	Ю	Жираф	С
Водолей	Э	Журавль	Ю
Возничий	С	Заяц	Ю
Волк	Ю	Змееносец	Э
Волопас	С	Змея	Э
Волосы Вероники	С	Золотая Рыба	Ю
(Береники)		Индеец	Ю
Ворон	Ю	Кассиопея	С
Геркулес	С	Киль	Ю
Гидра	Э	Кит	Э
Голубь	Ю	Козерог	Ю
Гончие Псы	С	Компас	Ю
Дева	Э	Корма	Ю
Дельфин	С		

Крест	Ю	Северная Корона	С
Лебедь	С	Секстант	Э
Лев	С	Сетка	Ю
Летучая Рыба	Ю	Скорпион	Ю
Лира	С	Скульптор	Ю
Лисичка	С	Столовая Гора	Ю
Малая Медведица	С	Стрела	С
Малый Конь	С	Стрелец	Ю
Малый Лев	С	Телескоп	Ю
Малый Пес	С	Телец	С
Микроскоп	Ю	Треугольник	С
Муха	Ю	Тукан	Ю
Насос	Ю	Феникс	Ю
Наугольник	Ю	Хамелеон	Ю
Овен	С	Центавр (Кентавр)	Ю
Октант	Ю	Цефей	С
Орел	Э	Циркуль	Ю
Орион	Э	Часы	Ю
Павлин	Ю	Чаша	Ю
Паруса	Ю	Щит	Э
Пегас	С	Эридан	Ю
Персей	С	Южная Гидра	Ю
Печь	Ю	Южная Корона	Ю
Райская Птица	Ю	Южная Рыба	Ю
Рак	С	Южный Треугольник	Ю
Резец	Ю	Ящерица	С
Рыбы	Э		
Рысь	С		

Обозначение: С — Северное полушарие, Ю — Южное полушарие, Э — экватор.

названий некоторых созвездий вы прочтете в статье «Созвездия». По международному соглашению небо разделено на 88 созвездий.

Для обозначения ярких звезд на звездных картах и в литературе используются греческие буквы или цифры в сочетании с названием созвездия. Например, *Полярная звезда* — альфа Малой Медведицы; звезда 61 Лебедя. Некоторые типы звезд имеют специальные обозначения. Так, *переменные звезды* обозначаются прописными латинскими буквами. Множество же слабых звезд обозначаются названием звездного каталога, содержащего сведения о данной звезде, и номером, под которым звезда в нем записана (например, Лакайль 9352).

Многие яркие звезды помимо таких обозначений имеют собственные имена; некоторые из них приведены в таблице.

Алголь	β Персея
Альдебаран	α Тельца
Алькор	g Большой Медведицы
Альтаир	α Орла
Альциона	η Тельца
Антарес	α Скорпиона
Беллатрикс	γ Ориона
Бетельгейзе	α Ориона
Вега	α Лиры
Гемма	α Северной Короны
Денеб	α Лебедя
Канопус	α Киля
Капелла	α Возничего
Кастор	α Близнецов
Мира	o Кита
Мицар	ζ Большой Медведицы
Поллукс	β Близнецов
Полярная	α Малой Медведицы
Процион	α Малого Пса
Регул	α Льва
Ригель	β Ориона
Сириус	α Большого Пса
Спика	α Девы
Фомальгаут	α Южной Рыбы

ФОТОГРАФИРОВАНИЕ ЗВЕЗДНОГО НЕБА





Фотографирование звездного неба сделает ваше увлечение астрономией еще более интересным. Обычный фотоаппарат в сочетании с телескопом или даже без него откроет вам то, что вы никогда не смогли бы увидеть без астрофотографии. Любителям астрономии доступно фотографирование звезд, комет, Луны, Солнца, серебристых облаков, метеоров, солнечных и лунных затмений.

Первые шаги в овладении астрофотографией вы можете сделать, фотографируя звездное небо неподвижным фотоаппаратом. Для этой цели возьмите любой фотоаппарат и пленку чувствительностью 90—130 единиц ГОСТа. Фокусировку установите на «бесконечность», а выдержку — на В. Направьте фотоаппарат в богатую звездами область неба и при помощи гибкого тросика откройте затвор; сделайте несколько экспозиций (5, 10, 20, 30 мин). Проявив фотопленку, вы обнаружите на негативах не точечные изображения звезд, а нитеобразные черточки. Они образуются вследствие того, что звездное небо вращается (это — видимое вращение звездного неба, вызванное вращением Земли). При помощи лупы вы увидите, как много звезд оставило свои следы на каждом негативе. Если вы теперь сделаете увеличенные отпечатки с негативов и отметите начала (или концы) каждого следа, то у вас получится карта звездного неба, причем на карте могут выйти даже те звезды, которые не видны невооруженным глазом. При фотографировании вам может повезти, и на снимке окажется изображение метеора или болида. Если направить фотоаппарат на Полярную звезду и экспонировать в течение 20—30 мин, то на негативе отобразится величественная картина движения звезд вокруг полюса мира.

Для того чтобы изображения звезд получились в виде точек, фотоаппарат необходимо вращать таким образом, чтобы скомпенсировать видимое движение небесной сферы. Это можно сделать при помощи экваториальной установки (штатива). Такую установку имеет, в частности, большой школьный телескоп-рефрактор. Если фотоаппарат укрепить на тубусе телескопа так, чтобы их оптические оси совпадали, то сам телескоп можно использовать в качестве гида. Для гидирования

На звездном небе можно наблюдать и другие небесные тела — *звездные скопления и ассоциации, туманности, галактики,* скопления галактик; небесные тела, входящие в состав *Солнечной системы: планеты, спутники планет, малые планеты, кометы;* искусственные космические объекты: *искусственные спутники* Земли, *автоматические межпланетные станции.*

Большинство из названных объектов видно только в телескопы. Но некоторые из них можно наблюдать в бинокль и даже невооруженным глазом. Среди них: рассеянные звездные скопления Плеяды и Гиады в созвездии Тельца, Ясли — в созвездии Рака, шаровые звездные скопления в созвездиях Тукана и Центавра, газовая туманность в созвездии Ориона, галактика в созвездии Андромеды и Большое и Малое *Магеллановы Облака,* планеты *Венера, Юпитер, Марс, Сатурн, Меркурий, Уран,* малая планета Веста, наиболее яркие искусственные спутники Земли.

Днем почти все светила исчезают на голубом фоне освещенного *Солнцем* воздуха. Кроме Солнца лишь *Луна* и Венера могут быть видны невооруженным глазом на ясном дневном небе.

Картина звездного неба непрерывно меняется вследствие суточного вращения Земли вокруг своей оси, медленно она изменяется также из-за годичного обращения Земли вокруг Солнца.

Карта звездного неба с обозначением звезд до 4-й звездной величины приведена на с. 88—89. На карте обозначены некоторые двойные и переменные звезды.

ЗВЕЗДНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ

Взглянув на *звездное небо,* мы замечаем, что из нескольких тысяч видимых глазом *звезд* одни сверкают очень ярко, в то время как другие еле заметны. Поскольку в течение многих столетий единственным видом наблюдений были наблюдения непосредственно глазом, или визуальные, классификация звезд по яркости оказалась связана со свойствами человеческого глаза. А свойства эти таковы, что мы воспринимаем не абсолютные различия блеска, а относительные. Так, мы легко обнаруживаем изменение блеска при добавлении одной электрической лампочки в люстре, где уже горят две лампочки. Но мы можем не заметить добавление одной лампочки, скажем, к 20. Для того чтобы разность блеска нам казалась такой же, как в первом случае (две лампочки плюс одна), к 20 лампам нужно добавить 10. Так же мы воспринимаем и свет от звезд.

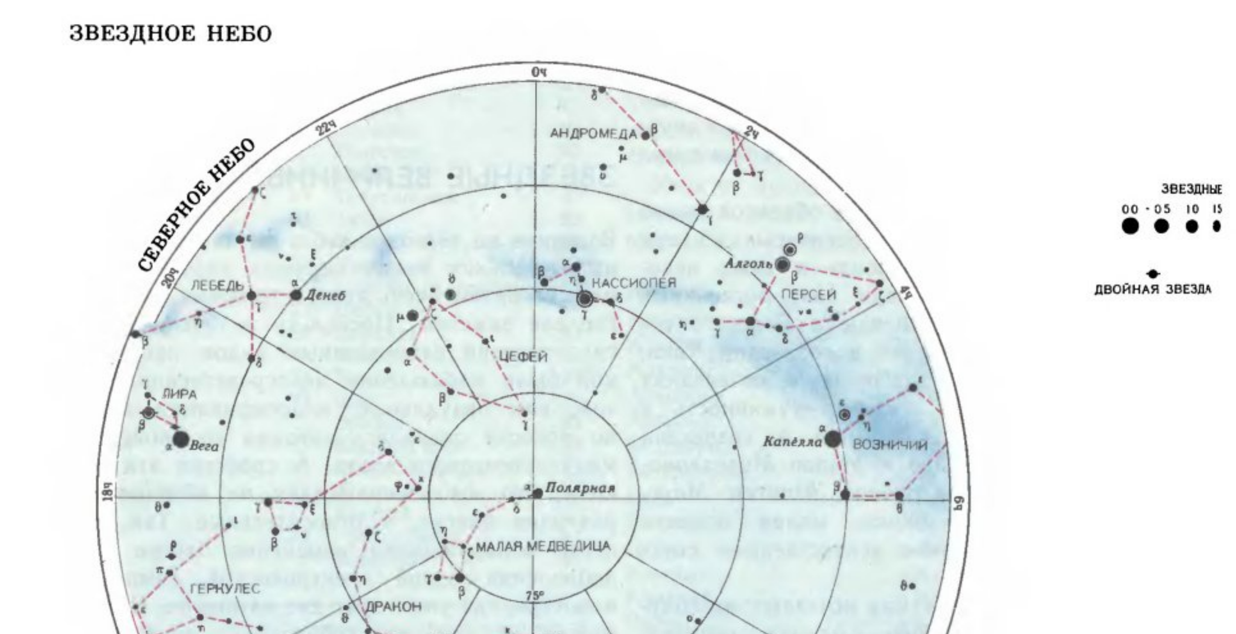
Еще во II в. до н. э. древнегреческий ученый *Гиппарх* разделил все видимые на небе невооруженным глазом звезды по яркости

нужно сделать крест нитей. Для этого на картонное кольцо приклейте две перпендикулярно расположенные тонкие проволочки или тонкие капроновые нити и вставьте это кольцо в оправу окуляра так, чтобы крест нитей находился в его фокальной плоскости. Объектив телескопа подсветите очень слабым светом лампочки карманного фонаря. При наблюдении звездного неба в такой окуляр вы сможете увидеть на фоне звезд слабо светящийся крест нитей. Наведите телескоп на интересующую вас область неба и расположите его так, чтобы в центре креста нитей находилась яркая звезда. При фотографировании микрометрическими винтами экваториальной установки нужно удерживать эту звезду точно в центре креста нитей в продолжение всей экспозиции. Этот процесс и называют гидированием. При правильном гидировании свет от каждой звезды накапливается на маленькой площадке фотоэмульсии, вследствие чего получается большой выигрыш в предельной звездной величине по сравнению с фотографированием звездного неба неподвижной камерой. Так, при идеальных атмосферных условиях (безлунная ночь, отсутствие постороннего света и дымки) таким путем можно сфотографировать звезды до 10—11-й звездной величины и получить на одном негативе несколько тысяч звезд. В течение нескольких лет можно создать фотографический атлас звездного неба Северного полушария, в котором будет содержаться несколько тысяч звезд. Этот атлас можно будет использовать для поисков комет и новых звезд, сравнивая между собой негативы одной и той же области, полученные в разные ночи. Кроме того, отпечатки с негативов можно использовать на уроках астрономии.

Фотографирование звездного неба требует терпения и аккуратности, экспериментального выбора экспозиций, многих проб при обработке пленки и получении отпечатков. На первых порах неизбежны неудачи; пусть они вас не обескураживают.

Много полезных сведений и практических советов по астрофотографии вы найдете в книге «Фотографирование небесных тел» Ж. Вокулера, Ж. Тексеро (М.: Наука, 1967).

ЗВЕЗДНОЕ НЕБО



ЭКВАТОРИАЛЬНЫЙ

АНДРОМЕДА
ПЕГАС
РЫБЫ
ЭКЛИПТИКА
КИТ
ЮЖНАЯ РЫБА
Фомальгаут
ФЕНИКС
ЖУРАВЛЬ
Денеб
ЛЕБЕДЬ
ДЕЛЬФИН
Альтаир
МАЛЫЙ КОНЬ
ВОДОЛЕЙ
КОЗЕРОГ
Вега
ЛИРА
ГЕРКУЛЕС
ОРЁЛ
СТРЕЛЕЦ
ЗМЕЕНОСЕЦ
СЕВЕРНАЯ КОРОНА
ЗМЕЯ
Антарес
СКОРПИОН
ВОЛК
ГОНЧИЕ ПСЫ
ВОЛОПАС
Арктур
ДЕВА
Спика
ВЕСЫ
ВОРОН
ЦЕНТАВР

ВЕЛИЧИНЫ
2,0 2,5 3,0 3,5 4,0

ПЕРЕМЕННАЯ ЗВЕЗДА

ЮЖНОЕ НЕБО

ЮЖНАЯ РЫБА
Фомальгаут
ЖУРАВЛЬ
ФЕНИКС
Ахернар
ЭРИДАН
ТУКАН
ЮЖНАЯ ГИДРА
ПАВЛИН
ГОЛУБЬ
СТРЕЛЕЦ
Канопус
ЖЕРТВЕННИК
ЮЖНЫЙ ТРЕУГОЛЬНИК
СКОРПИОН
КОРМА
КИЛЬ
МУХА
ВОЛК
ПАРУСА
КРЕСТ
ЦЕНТАВР

ПОЯС НЕБА

ПЕРСЕЙ
Капелла
Алголь
ВОЗНИЧИЙ
АНДРОМЕДА
Кастор
БЛИЗНЕЦЫ
ТРЕУГОЛЬНИК
Поллукс
РАК
ТЕЛЕЦ
Плеяды
ОВЕН
ПЕГАС
ЛЕВ
Альдебаран
Регул
РЫБЫ
Бетельгейзе
Беллатрикс
МАЛЫЙ ПЁС
Процион
ОРИОН
Мира
ЭКЛИПТИКА
КИТ
ВОДОЛЕЙ
ГИДРА
Ригель
Сириус
БОЛЬШОЙ ПЁС
ЗАЯЦ
ЭРИДАН
ЮЖНАЯ РЫБА
Фомальгаут
КОРМА
ГОЛУБЬ
ЖУРАВЛЬ
ПАРУСА
ФЕНИКС

на 6 групп. Самые яркие звезды он назвал звездами 1-й величины, а самые слабые — звездами 6-й величины. Между ними он расположил звезды 2-й, 3-й, 4-й, 5-й величины. При переходе от одной величины к следующей глаз ощущает одинаковый перепад блеска. Как мы видели, это соответствует увеличению блеска звезды в одно и то же число раз. Впоследствии точными фотометрическими измерениями было установлено, что отношение блеска звезд 1-й звездной величины к звездам 6-й величины составляет почти точно 100. Поскольку это отношение соответствует интервалу в 5 звездных величин, то отношение блеска звезд, отличающихся на одну звездную величину, равно:

$$\sqrt[5]{100} = 2{,}512.$$

Этот коэффициент был принят для определения звездных величин небесных светил. Математически шкала звездных величин записывается так. Пусть освещенность, создаваемая одной звездой, равна E_1, а другой — E_2. Тогда, по определению, отношение их равно:

$$E_2/E_1 = 2{,}512^{m_1 - m_2},$$

где m_1, m_2 — звездные величины, причем более яркой звезде соответствует меньшее значение звездной величины.

Если теперь приписать какой-либо звезде фиксированную звездную величину, т. е. выбрать нуль-пункт, то этим соотношением будут определены видимые звездные величины m всех звезд. Нуль-пункт для системы звездных величин был условно определен по группе выбранных звезд в области *Полярной звезды,* называемых Северным Полярным рядом.

Видимая звездная величина не имеет ничего общего с размером звезды. Этот термин имеет историческое происхождение и характеризует только блеск звезды. Самые яркие звезды имеют нулевую и даже отрицательную звездную величину. Например, такие хорошо известные звезды, как Вега и Капел-

ГИППАРХ
(около 190—125 до н. э.)



Гиппарх — древнегреческий ученый, один из основоположников астрономии. Родился в городе Никее, жил и работал на острове Родос. Гиппарху принадлежит заслуга создания первых математических теорий видимого движения Солнца и Луны и теории затмений. Он правильно определил размеры Луны и ее расстояние от Земли. Сопоставляя результаты личных наблюдений и наблюдений своих предшественников, он с большой точностью вычислил продолжительность солнечного года (ошибка не более 6 мин).

Гиппарх и другие астрономы древности уделяли много внимания наблюдениям движений планет.

Наблюдаемое с Земли движение планет довольно сложно: скорость планеты то увеличивается, то уменьшается, временами она и вовсе останавливается, после чего начинает двигаться в обратном направлении. При этом планета иногда описывает на небе петли. Эта сложность, как сейчас мы знаем, является результатом того, что наблюдения ведутся с Земли, которая сама обращается вокруг Солнца.

Гиппарх же, считавший Землю неподвижной, полагал наблюдаемые движения планет реальными. В объяснении движения планет он следовал теории эпициклов (см. *Птолемей*). Теория эпициклов давала с известным приближением чисто формальное, геометрическое представление о движении планет.

Составленные Гиппархом таблицы положений Солнца и Луны позволили предвычислять моменты наступления затмений с ошибкой 1—2 ч.

Гиппарх впервые стал использовать в астрономии методы сферической тригонометрии. Он повысил точность наблюдений, применив крест нитей для наведения на светило в угломерных инструментах — секстантах и квадрантах.

Ученый составил огромный по тем временам каталог положений 850 звезд, разделив их по блеску на 6 степеней (звездных величин).

Гиппарх ввел географические координаты — широту и долготу, и его можно считать основателем математической географии.

ла, имеют примерно нулевую величину, а самая яркая звезда нашего неба — Сириус — минус 1,5. Звездная величина обозначается вверху маленькой латинской буквой m (от слова «магнитудо» — величина). Для не видимых глазом звезд используется та же шкала звездных величин. Наиболее слабые звезды, которые могут быть зарегистрированы самыми мощными телескопами, имеют 25^m. Легко подсчитать, что количество света, которое приходит от них, в $2{,}512^{25} \approx 10^{10}$, т. е. примерно в 10 млрд. раз меньше, чем от звезд нулевой величины. Приведем также часто используемую логарифмическую запись формулы для звездных величин:

$$\lg \frac{E_1}{E_2} = -0{,}4\,(m_1 - m_2).$$

Существуют различные приемники регистрации света, приходящего к нам от звезд. Это глаз, фотопластинка, фотоэлектрический приемник и т. д. Все они имеют различную чувствительность к лучам разной длины волны. Например, глаз лучше всего чувствует свет в желто-зеленой области спектра, а фотопластинка и фотоумножитель — в синей. Очевидно, система звездных величин будет зависеть от того, с помощью какого приемника света эти звездные величины измерены. Поэтому различают визуальную видимую звездную величину, фотографическую и др. В настоящее время разработаны специальные системы звездных величин, соответствующих различным участкам спектра. Например, введены звездные величины, получаемые при наблюдении с помощью специальных фильтров в трех спектральных диапазонах: около 350 нм, 435 нм, 555 нм (см. *Электромагнитное излучение небесных тел*). Соответствующие звездные величины обозначаются буквами U, B, V (от английских слов «ультрафиолетовый», «голубой», «видимый»). Эта система называется UBV-системой. Как известно, распределение энергии по спектру для различных звезд не одинаково. Поэтому изменение таких величин, как, например, разность $B-V$ и $U-B$, при переходе от одной звезды к другой характеризует изменение отношения потоков излучения в разных областях спектра. Такие разности называются в астрономии показателями цвета, поскольку цвет звезды связан с распределением энергии в ее спектре. По показателям цвета можно приблизительно определить эффективную температуру звезды и ее спектральный класс (см. *Спектральная классификация звезд*). Впоследствии были построены цветовые системы, аналогичные UBV, и в других спектральных диапазонах. Интервал спектра, в котором измеряется звездная величина в системе UBV, составляет около 100 нм. Введены также системы, в которых этот интервал более узкий.

Кроме упомянутых звездных величин существует болометрическая видимая звездная величина, которая отвечает полному излучению звезды во всех спектральных интервалах и определяется специальным приемником излучения — болометром. Разность между болометрической и визуальной видимой звездной величиной называют болометрической поправкой.

Кроме видимой звездной величины используется абсолютная звездная величина, характеризующая блеск звезды на определенном расстоянии — в 10 пс (см. *Светимость*).

ЗВЕЗДНЫЕ КАТАЛОГИ, КАРТЫ И АТЛАСЫ

Одна из важных задач астрономии — определение характеристик звезд, в том числе экваториальных координат, *собственных движений* и *лучевых скоростей, звездных величин*, спектральных классов, температур, кривых изменения блеска (у *переменных звезд*) и др. Эти характеристики используются как в научных исследованиях (например, при изучении строения и развития звездных систем), так и при решении отдельных практических задач (например, в геодезии, навигации).

Результаты таких определений публикуются в виде упорядоченных списков, которые называются звездными каталогами. В зависимости от содержания каталога и принципа выбора включенных в него объектов различают астрометрические каталоги, общие каталоги, каталоги переменных звезд, ярких звезд и т. п. Звезды в звездных каталогах обычно располагают в порядке увеличения их прямых восхождений. Название каталога с указанием номера, под которым в каталоге записана та или иная звезда, используется в качестве обозначений (имен) звезд.

Особое значение имеют звездные каталоги положений, содержащие точные экваториальные координаты звезд в некоторый момент времени (эпоха каталога). Все положения звезд в каталоге относятся к одной системе *небесных координат*, и, таким образом, каталог сам как бы определяет эту координатную систему. Составлением таких каталогов занимаются многие обсерватории мира. В частности, большое значение в этой области астрономии имеют работы *Пулковской обсерватории* в СССР.

Каталоги, эпохи которых отличаются на несколько лет, могут быть объединены в фундаментальный звездный каталог. При этом точность каталога повышается, а разница

Звездные каталоги, карты, атласы содержат многочисленные сведения о звездах.



УЛУГБЕК (1394—1449)



Мухаммед Тарагай по прозвищу Улугбек (Великий князь) родился в 1394 г. в военном обозе своего грозного деда — Тимура, после смерти которого в 1409 г. стал правителем государства Мавераннахр со столицей в городе Самарканде. Этот необычный для средневекового Востока правитель обратил свои силы не на войны, а на развитие просвещения и науки. Он открывал высшие школы (медресе), привлекал к своему двору виднейших ученых — математиков и астрономов. Сам Улугбек был глубоко образованным человеком и занимался астрономическими наблюдениями и исследованиями. Они проводились на построенной им астрономической обсерватории под Самаркандом. Огромное здание этой обсерватории поражало современников своими размерами и великолепием. Но еще более замечательным было ее оборудование. Инструменты обсерватории Улугбека были самыми совершенными, какие только можно было тогда изготовить. Так, систематические наблюдения Солнца Улугбек и его помощники проводили с помощью угломерного инструмента — квадранта, радиус которого равнялся 40 м, а одному градусу на его колоссальной мраморной дуге соответствовал интервал в 70 см!

Улугбек и его сотрудники заново измерили главные астрономические постоянные — наклон эклиптики к экватору, положение на небе точки весеннего равноденствия, уточнили длину тропического года. Результаты их наблюдений и измерений долгое время оставались непревзойденными.

Выдающимся достижением Улугбека и самаркандских астрономов стал новый каталог, содержащий положения на небе 1018 звезд. Этот каталог был составлен через 13 веков после своего предшественника — каталога Птолемея. Положения для 700 звезд были определены заново. Каталог был закончен в основном к 1437 г. и получил название «Новые астрономические таблицы». Каталог представлял большую ценность для последующих поколений астрономов, так как позволял сравнивать положение звезд через значительные промежутки времени и улавливать происходящие в мире звезд изменения. Он включил обширное введение с изложением основ астрономии, летосчисления и неизбежную для того времени астрологическую часть.

Научная и просветительская деятельность Улугбека вызывала ненависть мусульманских фанатиков. В 1449 г. Улугбек был убит. В наше время часть обсерватории восстановлена и превращена в музей. Посетители обсерватории могут видеть знаменитый квадрант.

эпох отдельных каталогов позволяет вычислить также и собственные движения звезд. Фундаментальные звездные каталоги наиболее точные. Лучшим в настоящее время считается Четвертый фундаментальный каталог (FK 4), содержащий сведения о 1535 звездах по всему небу. В системе координат, определяемой этим каталогом, вычисляются все астрономические ежегодники.

Каталоги, полученные приблизительно в одно и то же время, могут быть объединены в сводный каталог. Сводные каталоги менее точны, чем фундаментальные, и, как правило, создаются для решения какой-либо определенной задачи. Примером может служить сводный каталог Смитсоновской обсерватории в США, содержащий положения 258 997 звезд и созданный для обеспечения наблюдений искусственных спутников Земли.

Наиболее древний из дошедших до нас каталогов положений звезд составлен китайским ученым Ши Шеном в IV в. до н. э. (800 звезд). Значительным вкладом в развитие астрономии явились каталоги древнегреческого ученого *Гиппарха,* узбекского астронома *Улугбека,* датского астронома *Тихо Браге.* Эти каталоги были составлены путем наблюдений без оптических телескопов.

После изобретения телескопа число каталогов быстро растет, одновременно увеличивается их точность. За промежуток времени около 200 лет точность астрономических измерений возросла приблизительно в 10 раз. В ближайшие годы ожидается ее резкое увеличение еще не менее чем в 10 раз в связи с применением принципиально новой техники, в частности *радиоинтерферометров* со сверхдлинной базой.

Чтобы облегчить отыскание той или иной звезды на небе, составляются звездные карты, на которых звезды обозначают кружками различного диаметра — в зависимости от их звездной величины. Чтобы звезды можно было отыскать на карте по их координатам, карта снабжается координатной сеткой. Большое значение имеют фотографические атласы, представляющие собой набор репродукций фотографий звездного неба.

Наряду со специальными звездными атласами, представляющими собой комплекты карт с нанесенными на них звездами данного звездного каталога, издаются звездные атласы, предназначенные для первоначального ознакомления с небом; они используются также при наблюдениях, не требующих достаточно большой точности. К числу таких звездных атласов относятся «Звездный атлас» А. А. Михайлова (объекты ярче 5,5 визуальной звездной величины), «Учебный звездный атлас» А. Д. Марленского. Для работы с небольшими астрономическими инструментами удобны «Звездный атлас» А. А. Михайлова (все объекты ярче 8,25 визуальной звездной величины) и «Небесный атлас» А. Бечваржа (все объекты ярче 7,75 фотографической звездной величины).

В последние годы все более широкое распространение получает запись звездных каталогов в память электронных вычислительных машин, что позволяет автоматизировать их использование, облегчает обмен звездными данными между астрономическими учреждениями и т. д.

ЗВЕЗДНЫЕ СКОПЛЕНИЯ И АССОЦИАЦИИ

Звезды распределены в пространстве неравномерно. Иногда они образуют группы, которые в зависимости от размеров и степени концентрации звезд к центру делятся на скопления и ассоциации.

Звездные скопления — это группы звезд, связанных между собой силами притяжения и общностью происхождения. Они насчитывают от нескольких десятков до сотен тысяч звезд. Все скопления разделяют на рассеянные и шаровые. Различие между ними в основном определяется массой и возрастом этих образований. Рассеянные звездные скопления объединяют десятки и сотни, редко тысячи звезд. Размеры их обычно составляют несколько парсек. Концентрируются к экваториальной плоскости *Галактики.* Скорости их относительно *Солнца* не велики, порядка 10—20 км/с, потому что вместе с ним они принимают участие во вращении Галактики. Звезды рассеянных звездных скоплений сходны по химическому составу с Солнцем и другими звездами галактического диска. Примеры рассеянных звездных скоплений — Плеяды и Гиады в созвездии Тельца. В нашей Галактике известно более 1000 звездных скоплений. Однако, согласно современным исследованиям, их, вероятно, должно быть раз в 20 больше: далеко от Солнца мы можем обнаружить только самые яркие скопления; к тому же в галактической плоскости концентрируется и пыль, поглощающая свет и мешающая наблюдать далекие звезды.

Шаровые звездные скопления насчитывают сотни тысяч звезд, имеют четкую сферическую или эллипсоидальную форму с сильной концентрацией звезд к центру. Размеры их вместе с коронами (т. е. внешними областями) доходят до 100—200 пс. Они концентрируются к центру Галактики и принадлежат к сферической подсистеме (см. *Галактика*). Скорости их относительно Солнца около 100 км/с. По химическому составу они отличаются от звезд рассеянных скоплений меньшим содержанием всех элементов тяжелее

Рассеянное звездное скопление Плеяды в созвездии Тельца.

Шаровое звездное скопление в созвездии Геркулеса.



гелия. Все шаровые звездные скопления расположены далеко от Солнца, и даже ближайшие из них видны лишь в бинокль. В Галактике известно сейчас 130 шаровых звездных скоплений, а всего их около 500.

Важнейшими характеристиками рассеянных и шаровых скоплений являются построенные для составляющих их звезд диаграммы «спектр — светимость», которые в случае скоплений обычно строят в координатах «цвет — звездная величина». На диаграмме рассеянных звездных скоплений могут присутствовать все звезды главной последовательности, включая и самые яркие. У шаровых скоплений верхняя часть главной последовательности отсутствует. Наблюдаются звезды лишь начиная с спектрального класса G. Более яркие звезды расположены вправо и вверх от главной последовательности, образуя ветви гигантов и субгигантов. Характерной особенностью шаровых скоплений является также наличие горизонтальной ветви.

Шаровые скопления, по-видимому, образовались из огромных газовых облаков на ранней стадии формирования Галактики, сохранив их вытянутые орбиты. Образование рассеянных скоплений началось позднее из газа, «осевшего» к плоскости Галактики и уже обогатившегося тяжелыми элементами, которые попали в межзвездную среду из недр быстро эволюционирующих массивных звезд предыдущего поколения при их вспышках (см. *Сверхновые звезды*). В наиболее плотных облаках газа образование рассеянных скоплений и ассоциаций продолжается и сейчас. Поэтому возраст рассеянных звездных скоплений не одинаков, тогда как возраст больших шаровых скоплений примерно одинаков и близок к возрасту Галактики (10—15 млрд. лет).

Звездные ассоциации — рассеянные группы звезд спектральных классов О и В и типа Т Тельца, достигающие 30—200 пс в поперечнике. По своим характеристикам звездные ассоциации похожи на большие, очень молодые рассеянные скопления, но отличаются от них, по-видимому, меньшей степенью концентрации к центру. Понятие «звездные ассоциации» было введено в 1947 г. советским астрономом В. А. Амбарцумяном, иссле-

ХАРЛОУ ШЕПЛИ (1885—1972)



Американский астроном Харлоу Шепли вовсе не помышлял о научной деятельности. После окончания школы, проработав некоторое время газетным репортером, он решил поступить на отделение журналистики в университете штата Миссури в городе Колумбии. Приехав туда, Шепли узнал, что отделение будет открыто только через год. Он открыл список курсов, читавшихся в то время в университете, наткнулся на слово «астрономия», и это решило дело. Так впоследствии в своих воспоминаниях Шепли рассказал о выборе им профессии.

В 1910 г. Шепли окончил университет, получил степень бакалавра и уехал в Принстон, где начал заниматься изучением затменных переменных звезд. Он развил несколько новых идей об определении расстояний до затменных переменных путем изучения их цвета и спектра.

В 1914—1921 гг. Шепли работал в обсерватории Маунт-Вилсон. Здесь он предложил метод определения расстояний до удаленных звездных систем и скоплений, который основан на наблюдениях входящих в них переменных звезд — цефеид. В обсерватории Маунт-Вилсон Шепли занимался также исследованиями шаровых скоплений и спиральных туманностей.

В 1921 г. Шепли стал директором Гарвардской обсерватории. Большое значение имеют его работы в области исследования внегалактических звездных систем (изучение Магеллановых Облаков, структурных особенностей и распределения в пространстве других галактик).

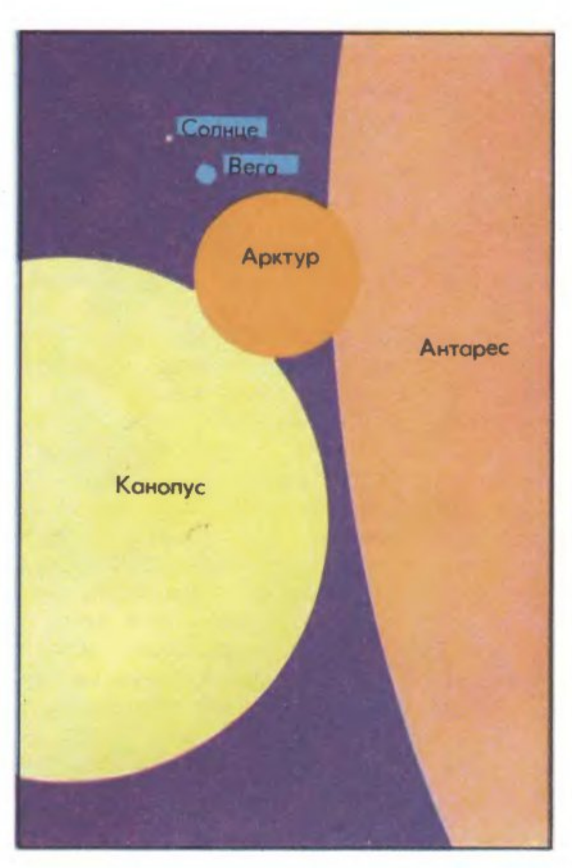
До конца своей жизни Шепли занимался не только научной, но и общественной деятельностью: руководил одной из крупнейших в США Гарвардской обсерваторией, содействовал приглашению иностранных ученых в США, участвовал в организации ЮНЕСКО (Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры).

И как ученый, и как организатор Шепли внес крупный вклад в развитие астрономии. Его работы значительно расширили наши представления о Вселенной, нашей Галактике и месте в ней Солнечной системы.

дования которого показали, что образование звезд в них происходит и в современную эпоху. Изучение звездных ассоциаций, как очагов звездообразования в Галактике стало важным этапом в исследованиях эволюции звезд и их систем.

В других галактиках встречаются также комплексы горячих молодых звезд с поперечником в 500—1000 пс, обычно связанные с гигантскими облаками ионизованного их излучением водорода, называемые часто сверхассоциациями. Признаки образования звезд в подобных комплексах наблюдаются и в нашей Галактике.

Сравнительные размеры звезд и Солнца.



ЗВЕЗДЫ

Звезды можно назвать самыми главными телами во *Вселенной:* ведь в них заключено более 90% всего наблюдаемого нами вещества.

Каждая звезда — это массивный газовый шар, излучающий собственный свет, в отличие от *планет,* которые светят отраженным солнечным светом. По своей природе звезды родственны *Солнцу,* ближайшей к Земле звезде.

Все звезды очень далеки от нас, и расстояние до каждой из них, кроме Солнца, во много раз превышает расстояние от *Земли* до любой из планет *Солнечной системы.* Прямой способ определения расстояний до сравнительно близких звезд основан на измерении их наблюдаемого смещения на фоне более далеких звезд, вызванного движением Земли вокруг Солнца (см. *Параллакс*).

Если расстояние до звезд составляет сотни и более парсек, их параллактическое смещение становится незаметным. Тогда для определения расстояний до звезд используют другие, косвенные методы, требующие анализа звездных спектров.

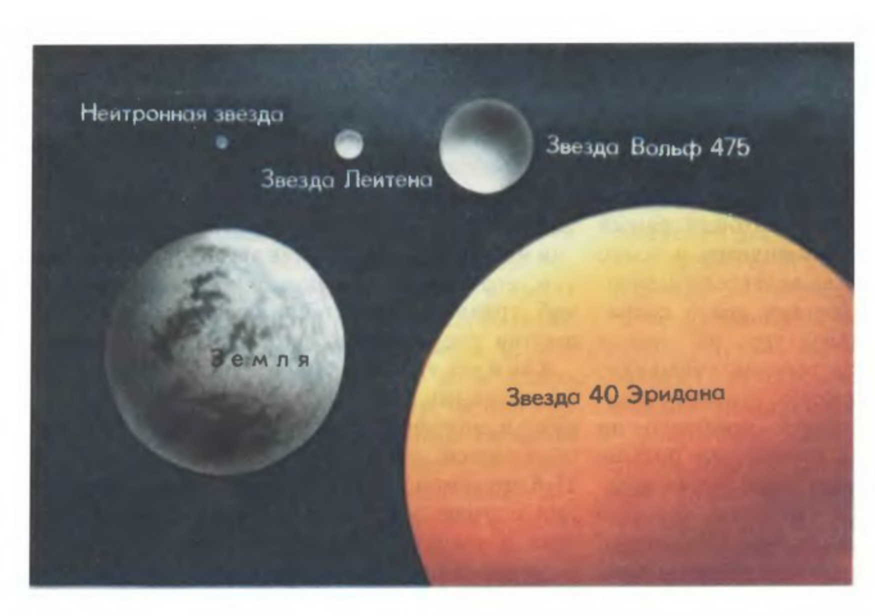
Самая близкая к Солнечной системе звезда — Проксима Центавра — находится от нас на расстоянии примерно 1,3 пс. Большинство звезд, хорошо заметных невооруженным глазом, удалено на десятки и сотни световых лет.

Звезды различаются по массе, размерам, плотностям, светимостям и химическому составу. Рассмотрим эти характеристики подробнее.

Для определения масс звезд изучают движения звезд, входящих в пары и группы. В этих системах звезды притягивают друг друга, двигаясь вокруг общего центра масс (см. *Двойные звезды*). Массы звезд в таком случае определяются на основании закона всемирного тяготения (см. *Гравитация*). Чаще всего масса звезды измеряется в единицах массы Солнца, которая составляет примерно $2 \cdot 10^{30}$ кг. Массы почти всех звезд находятся в пределах от 0,1 до 50 масс Солнца.

Размеры звезд определяют как прямыми методами, с помощью оптических интерферометров, так и путем теоретических расчетов. Оказалось, что размеры большинства наблюдаемых звезд составляют сотни тысяч и миллионы километров. Диаметр Солнца, например, равен 1 392 000 км. Но встречаются и очень маленькие звезды — *белые карлики* и совсем крошечные *нейтронные звезды* — диаметром 10—20 км. Звезды с размерами во много раз больше, чем у Солнца, являются гигантами (Бетельгейзе, Арктур, Антарес). Но особенно велики очень редко встречающиеся звезды — красные сверхгиганты. Если бы некоторые из таких звезд оказались на месте Солнца, орбита *Марса,* а то и *Юпитера* очутилась бы внутри них!

Таким образом, по размерам звезды отличаются друг от друга значительно больше, чем по массе. По этой причине, чем меньше звезда, тем, как правило, выше плотность ее вещества, и наоборот. Вещество звезд — гигантов и сверхгигантов может иметь плотность меньшую, чем воздух в нормальных, земных условиях. Средняя плотность солнечного вещества в 1,4 раза больше плотности воды. Значительно плотнее Солнца белые карлики. 1 см^3



Сравнительные размеры некоторых звезд и Земли.

вещества звезды Сириус B имеет массу около 2 т, а некоторые белые карлики еще в десятки раз плотнее. Но рекорд по плотности держат нейтронные звезды — их плотность такая же, как у атомных ядер, — 10^{14} г/см^3. Такая плотность вещества может получиться, если весь земной шар сжать до размера в полкилометра!

Еще больше, чем по размерам, различаются звезды по светимости. Так называют мощность оптического излучения, т. е. количество световой энергии, ежесекундно выделяемое звездой. Чаще всего светимость выражают в единицах светимости Солнца. Эта величина равна $3{,}8 \cdot 10^{26}$ Вт. Для большинства наблюдаемых звезд она находится в пределах от нескольких тысячных долей до миллиона светимостей Солнца.

Химический состав звезд определяют, изучая их спектр (см. *Спектральная классификация звезд*). Оказалось, что вещество звезд содержит те же элементы, которые встречаются и на Земле. Почти во всех звездах более 98% массы приходится на два самых легких элемента — водород и гелий, причем водорода примерно в 2,7 раза больше по массе, чем гелия. На долю всех остальных элементов приходится около 2% массы вещества.

Звезды непрозрачны. Поэтому мы можем непосредственно определять химический состав только их поверхностных слоев, от которых к нам приходит свет. Однако теоретические расчеты позволяют предсказать содержание различных элементов и в недрах звезд.

По физическим свойствам вещества все известные звезды можно разделить на три категории: нормальные звезды, белые карлики и нейтронные звезды.

К нормальным звездам относятся большинство наблюдаемых звезд, в том числе все те, которые можно увидеть невооруженным глазом или в небольшой телескоп. Они состоят из обычного по своим свойствам, так называемого идеального газа. Его давление прямо пропорционально температуре и обратно пропорционально объему, который газ занимает. Используя физические законы, которым подчиняется газ, астрономы рассчитывают плотность, давление и температуру в недрах звезд, что очень важно для понимания строения звезд и их развития.

В звездах с очень большой плотностью вещество уже не подчиняется законам идеального газа. Газ приобретает иные свойства и называется вырожденным. Из вырожденного газа состоят белые карлики, а также ядра некоторых звезд-гигантов.

Вещество нейтронных звезд обладает чудовищной плотностью, при которой не могут существовать даже атомные ядра. Оно состоит в основном из электрически нейтральных элементарных частиц — нейтронов. Нейтроны в обычном состоянии входят, наряду с протонами, в состав атомных ядер.

Вещество любой звезды находится под действием силы гравитации, стремящейся сжать звезду. Однако звезды не сжимаются (по крайней мере быстро), потому что гравитации препятствует сила давления звездного вещества. В нормальных звездах это давление обусловлено упругими свойствами горячего идеального газа. В белых карликах сжатию препятствует давление вырожденного газа. Оно почти не зависит от того, горячий газ или холодный. В нейтронных звездах гравитацию сдерживают ядерные силы, действующие между отдельными нейтронами.

Температура и тепловое давление газа в звез-

дах поддерживаются внутренними источниками энергии. Если они иссякнут (а рано или поздно в каждой звезде это происходит), силы тяготения сожмут звезду в маленький плотный шар. В нормальных звездах энергия постоянно вырабатывается в центральной области, где плотность и температура газа достигают максимальных значений. Там происходят термоядерные реакции между протонами (ядрами атомов водорода), в результате которых самый легкий газ — водород превращается в более тяжелый гелий. При этом выделяется та энергия, которая позволяет звездам долго сохранять свою высокую температуру, но запасы водорода в звездах постепенно убывают. В Солнце, например, каждую секунду количество водорода уменьшается примерно на 600 млн. тонн, и почти на столько же больше становится гелия. За секунду выделяется энергия, равная примерно $3{,}8 \cdot 10^{26}$ Дж, которую уносят электромагнитные волны. Несколько процентов этой энергии получают всепроникающие элементарные частицы — нейтрино, возникающие при ядерных реакциях. Они легко пронизывают звезды насквозь и улетают со скоростью света в межзвездное пространство.

В некоторых звездах — красных гигантах температура в центральной области настолько высока, что там начинает происходить реакция между ядрами гелия, в результате которой возникает более тяжелый элемент — углерод. Эта реакция также сопровождается выделением энергии.

По современным научным представлениям, большая часть элементов тяжелее гелия, существующих в природе, образовалась при термоядерных реакциях в недрах звезд или в реакциях, протекающих при взрывах сверхновых звезд.

Когда звезда очень молода и в ней еще не начались ядерные реакции, источником ее энергии может служить сжатие звездного вещества, т. е. его уплотнение под действием собственной гравитации: потенциальная энергия вещества уменьшается и переходит в тепловую.

Как и все тела в природе, звезды не остаются неизменными. Они рождаются, эволюционируют и, наконец, «умирают». Вопрос о том, как образуются звезды, окончательно не решен. Наблюдаемая связь областей звездообразования с очень массивными облаками холодного газа и теоретические расчеты эволюции газа в межзвездном пространстве говорят о возможности рождения звезд путем постепенного сжатия первоначально сильно разреженной межзвездной среды. Основной силой, сжимающей газ, является гравитационное притяжение его молекул друг к другу.

Продолжительность жизни звезды зависит от ее массы. Звезды с массой меньшей, чем у Солнца, очень экономно тратят запасы своего ядерного «топлива» и могут светить десятки миллиардов лет. Поэтому звезды небольших

АРТУР СТЭНЛИ ЭДДИНГТОН (1882—1944)



Английский физик и астроном Артур Стэнли Эддингтон родился в маленьком городке Кендал на севере Англии. Он учился в Кембриджском университете, а с 1906 по 1913 г. был ассистентом старейшей в Англии Гринвичской обсерватории. С 1913 г. Эддингтон — профессор и директор обсерватории Кембриджского университета.

Первые работы Эддингтона как астронома связаны с изучением движений звезд и строения звездных систем. Но главная его заслуга — в том, что он создал теорию внутреннего строения звезд. Глубокое проникновение в физическую сущность явлений и мастерское владение методами сложнейших математических расчетов позволили Эддингтону получить ряд основополагающих результатов в таких областях астрофизики, как внутреннее строение звезд, пульсации звезд, состояние межзвездной материи, движение и распределение звезд в Галактике.

Эддингтон рассчитал диаметры некоторых красных звезд-гигантов, определил плотность карликового спутника звезды Сириус — она оказалась необычайно высокой. Работа Эддингтона по определению плотности звезды послужила толчком для развития физики сверхплотного (вырожденного) газа.

Эддингтон был хорошим интерпретатором общей теории относительности Эйнштейна. Он осуществил первую экспериментальную проверку одного из эффектов, предсказанных этой теорией: отклонение лучей света в поле тяготения массивной звезды. Это удалось ему сделать во время полного затмения Солнца в 1919 г.

Вместе с другими учеными Эддингтон заложил основы современных знаний о строении звезд.

масс не успели состариться. Зато массивные звезды светят сравнительно недолго. Так, звезды с массой 15 масс Солнца растрачивают запасы своей энергии всего за 10 млн. лет. Звезды, такие, как наше Солнце, могут жить примерно в тысячу раз дольше.

Почти всю свою жизнь звезда сохраняет температуру и размер практически постоянными. При этом звезда находится на главной последовательности диаграммы «спектр — светимость». Но когда в центральной области весь водород оказывается превращенным в гелий, звезда начинает сравнительно быстро изменяться. Она увеличивается в размере, и, хотя температура ее поверхности при этом падает, излучаемая звездой энергия возрастает во много раз. Звезда становится красным гигантом. Температура в центральной области поднимается до 100 млн. градусов, и в плотном гелиевом ядре такой звезды «загорается» реакция превращения гелия в углерод.

На определенном этапе развития красного гиганта может произойти «сброс» внешних слоев этой раздувшейся звезды, и тогда звезда будет находиться внутри газового кольца планетарной туманности (см. *Туманности.*) Сама звезда после этого сожмется и превратится в медленно остывающий белый карлик.

Такой путь развития ожидает и наше Солнце: через 6—7 млрд. лет оно, пройдя стадию красного гиганта, станет белым карликом. Звезды, у которых масса в 1,5—3 раза больше, чем у Солнца, не смогут в конце жизни остановить свое сжатие на стадии белого карлика. Мощные силы гравитации сожмут их до такой плотности, при которой произойдет «нейтронизация» вещества: взаимодействие электронов с протонами приведет к тому, что почти вся масса звезды будет заключена в нейтронах. Образуется нейтронная звезда. Наиболее массивные звезды могут превратиться в нейтронные, после того как они взорвутся как сверхновые (см. *Сверхновые звезды*). Расчеты показывают, что нейтронные звезды должны быть сильно намагничены. Быстро вращаясь вокруг оси, они могут рождать мощные потоки радиоволн. Открытые в 60-х гг. импульсные источники радиоизлучения — *пульсары* и являются, по-видимому, такими вращающимися нейтронными звездами, возникшими после взрывов сверхновых.

Если масса звезды (или ее «остатка» после потери вещества) превышает 3—5 масс Солнца, то, начав сжиматься в конце своей активной жизни, она не сможет остановить своего сжатия даже на стадии нейтронной звезды. Конечным результатом такого безудержного гравитационного сжатия должно явиться образование *черной дыры.*

О различных типах звезд и некоторых их характеристиках вы прочтете подробнее в соответствующих статьях словаря.

ЗЕМЛЯ

Земля — одна из *планет Солнечной системы.* Подобно другим планетам, она движется вокруг *Солнца* по эллиптической орбите, большая полуось которой (т. е. среднее расстояние между центрами Земли и Солнца) в астрономии принята в качестве единицы длины (а. е.) для измерения расстояний между небесными телами в пределах Солнечной системы. Расстояние от Земли до Солнца в различных точках орбиты неодинаковое, в перигелии (3 января) оно приблизительно на 2,5 млн. км меньше, а в афелии (3 июля) — на столько же больше среднего расстояния, составляющего 149,6 млн. км.

В процессе движения нашей планеты по орбите вокруг Солнца плоскость земного экватора (наклоненная к плоскости орбиты на угол 23°27′) перемещается параллельно самой себе таким образом, что в одних участках орбиты земной шар наклонен к Солнцу своим Северным полушарием, а в других — Южным.

Согласно современным космогоническим представлениям, Земля образовалась 4,6 млрд. лет назад путем гравитационной конденсации из рассеянного в околосолнечном пространстве газопылевого вещества, содержавшего все известные в природе химические элементы.

Большую часть поверхности Земли занимает Мировой океан (361 млн. км^2, или 71%), суша составляет 149 млн. км^2 (29%). Средняя глубина Мирового океана — 3900 м. Существование осадочных пород, возраст которых (по данным радиоизотопного анализа) превосходит 3,7 млрд. лет, служит доказательством существования на Земле обширных водоемов уже в ту далекую эпоху.

На современных континентах наиболее распространены равнины, главным образом низменные, а горы — в особенности высокие — занимают незначительную часть поверхности планеты, так же как и глубоководные впадины на дне океанов.

Форма Земли, как известно, близкая к шарообразной, при более детальных измерениях оказывается очень сложной, даже если обрисовать ее ровной поверхностью океана (не искаженной приливами, ветрами и течениями) и условным продолжением этой поверхности под континенты. Неровности поддерживаются неравномерным распределением массы в недрах Земли. Такая поверхность называется *геоидом.* Геоид (с точностью порядка сотен метров) совпадает с эллипсоидом вращения, экваториальный радиус которого 6378 км, а полярный радиус на 21,38 км меньше экваториального. Разница этих радиусов возникла за счет центробежной силы, создаваемой суточным вращением Земли.

Уточнение формы Земли, так же как и построение точных географических карт, в настоя-

Действующий вулкан на Камчатке.



щее время осуществляется с помощью искусственных спутников Земли.

Суточное вращение земного шара происходит с практически постоянной угловой скоростью с периодом 23 ч 56 мин 4,1 с, т. е. за одни звездные сутки, количество которых в году ровно на одни сутки больше, чем солнечных. Ось суточного вращения Земли направлена своим северным концом приблизительно на звезду альфа Малой Медведицы, которая поэтому называется *Полярной звездой.*

Одна из особенностей Земли как планеты — ее магнитное поле (см. *Магнитное поле Земли),* благодаря которому мы можем пользоваться компасом. Магнитный полюс Земли, к которому притягивается северный конец стрелки компаса, не совпадает с Северным географическим полюсом, а находится в пункте с координатами приблизительно 76° с. ш. и 101° з. д. Магнитный полюс, расположенный в южном полушарии Земли, имеет координаты 66° ю. ш. и 140° в. д. (в Антарктиде).

Под действием исходящего от Солнца течения плазмы *(солнечного ветра)* магнитное поле Земли искажается и приобретает «шлейф» в направлении от Солнца, который простирается на сотни тысяч километров.

Наша планета окружена обширной атмосферой. Основными газами, входящими в состав нижних слоев атмосферы Земли, являются азот ($\approx$78%), кислород ($\approx$21%) и аргон ($\approx$1%). Других газов в атмосфере Земли очень мало, например углекислого газа около 0,03%. Атмосферное давление на уровне поверхности океана составляет при нормальных условиях приблизительно 0,1 МПа. Полагают, что земная атмосфера сильно изменилась в процессе эволюции: обогатилась кислородом и приобрела современный состав в результате длительного химического взаимодействия с горными породами и при участии биосферы, т. е. растительных и живых организмов.

Доказательством того, что такие изменения действительно произошли, служат, например, залежи каменного угля и мощные пласты отложений карбонатов в осадочных породах. Они содержат громадное количество углерода, который раньше входил в состав земной атмосферы в виде углекислого газа и окиси углерода.

Ученые считают, что древняя атмосфера произошла из газообразных продуктов вулканических извержений; о ее составе судят по химическому анализу образцов газа, «замурованных» в полостях древних горных пород. В исследованных образцах, возраст которых более 3,5 млрд. лет, содержится приблизительно 60% углекислого газа, а остальные 40% — это соединения серы (сероводород и сернистый газ), аммиак, а также хлористый и фтористый водород. В небольшом количестве были найдены азот и инертные газы.

Весь кислород был химически связанным. Доказательством того, что в земной атмосфере в течение первых 4 млрд. лет ее существования не было свободного кислорода, являются обнаруженные в геологических пластах соответствующего возраста чрезвычайно легко окис-

Вид Земли из космоса. Снимок сделан с орбитального комплекса «Салют-6» — «Союз».



ляемые, но не окисленные вещества, такие, как сернистый натрий. Кислород, который выделялся в ничтожном количестве из водяного пара под действием солнечного облучения, полностью затрачивался на окисление содержащихся в атмосфере горючих газов: аммиака, сероводорода, а также, вероятно, метана и окиси углерода. В результате окисления аммиака освобождался азот, который постепенно накапливался в атмосфере. 600 млн. лет назад количество свободного кислорода в земной атмосфере достигло 1% от его современного содержания. В это время уже существовало значительное число различных примитивных одноклеточных живых организмов. Около 400 млн. лет назад содержание свободного кислорода в земной атмосфере стало быстро увеличиваться благодаря широкому распространению зарослей крупных зеленых растений, характерных для той эпохи.

Одной из важнейших задач современной науки о Земле является изучение эволюции атмосферы, поверхности и наружных слоев Земли, а также внутренней структуры ее недр.

Прежде предполагали, что Земля вначале была расплавленной, а затем остывала. Но эта точка зрения не подтверждается современными выводами науки. Большое процентное содержание на Земле некоторых летучих веществ указывает на то, что температура частиц, из которых образовалась наша планета, не могла быть очень высокой. Средний химический состав первичной Земли, вероятно, соответствовал химическому составу известных сегодня типов метеоритов.

В результате естественного распада радиоактивных элементов и некоторых других процессов в недрах Земли в течение долгого времени выделялась и накапливалась тепловая энергия. Это привело к сильному разогреву и частичному расплавлению вещества в недрах, к постепенному формированию и росту центрального ядра из наиболее тяжелых элементов и наружной коры из менее плотных веществ.

О внутреннем строении Земли прежде всего судят по особенностям прохождения сквозь различные слои Земли механических колебаний, возникающих при землетрясениях или взрывах. Ценные сведения дают также измерения величины теплового потока, выходящего из недр, результаты определений общей массы, момента инерции и полярного сжатия нашей планеты.

Масса Земли найдена из экспериментальных измерений физической постоянной тяготения и ускорения силы тяжести (на экваторе ускорение силы тяжести равно 978,05 гал; 1 гал= 1 см/с^2). Для массы Земли получено значение $5{,}976 \cdot 10^{24}$ кг, что соответствует средней плотности вещества 5517 кг/м^3. Определено, что средняя плотность минералов на поверхности Земли приблизительно вдвое меньше средней плотности Земли. Из этого следует, что плотность вещества в центральных частях планеты выше средней для всей Земли. Полученный из наблюдений момент инерции Земли, который сильно зависит от распределения плот-

Схема внутреннего строения Земли: 1 — ядро; 2—3 — мантия; 4 — земная кора.



ности вещества вдоль радиуса Земли, свидетельствует также о значительном увеличении плотности от поверхности к центру.

Поток тепла из недр, различный в разных участках поверхности Земли, в среднем близок к $1{,}6 \cdot 10^{-6}$ кал. $\cdot$ см$^{-2} \cdot$ с$^{-1}$, что соответствует суммарному выходу энергии 10^{28} эрг в год.

Поскольку тепло может передаваться только от более нагретого к менее нагретому веществу, температура вещества в недрах Земли должна быть выше, чем на ее поверхности. Действительно, согласно измерениям, проведенным в шахтах и буровых скважинах, температура повышается на 20° на каждый километр глубины.

На основе всего комплекса современных научных данных построена модель внутреннего строения Земли, которая удовлетворяет измеренным значениям всех перечисленных выше параметров.

Твердую оболочку Земли называют литосферой. Ее можно сравнить со «скорлупой», охватывающей всю поверхность Земли. Но эта «скорлупа» как бы растрескалась на части и состоит из нескольких крупных литосферных плит, медленно перемещающихся одна относительно другой. По их границам концентрируется подавляющее большинство очагов землетрясений. Верхний слой литосферы — это земная кора, минералы которой состоят преимущественно из окислов кремния и алюминия, окислов железа и щелочных металлов. Земная кора имеет неравномерную толщину: 35—65 км на континентах и 6—8 км подо дном океанов.

Верхний слой земной коры состоит из осадочных пород, нижний — из базальтов. Между ними находится слой гранитов, характерный толь-

ко для континентальной коры. Под корой расположена так называемая мантия, имеющая иной химический состав и бóльшую плотность. Граница между корой и мантией называется поверхностью Мохоровичича. В ней скачкообразно увеличивается скорость распространения сейсмических волн.

На глубине 120—150 км под материками и 60—400 км под океанами залегает слой мантии, называемый астеносферой. Здесь вещество находится в близком к плавлению состоянии, вязкость его сильно понижена.

Все литосферные плиты как бы плавают в полужидкой астеносфере, как льдины в воде. Более толстые участки земной коры, а также участки, состоящие из менее плотных пород, поднимаются по отношению к другим участкам коры. В то же время дополнительная нагрузка на участок коры, например, вследствие накопления толстого слоя материковых льдов, как это происходит в Антарктиде, приводит к постепенному погружению участка. Такое явление называется изостатическим выравниванием.

Ниже астеносферы, начиная с глубины около 410 км, «упаковка» атомов в кристаллах минералов уплотнена под влиянием большого давления. Резкий переход обнаружен сейсмическими методами исследований на глубине около 2920 км. Выше этой отметки плотность вещества составляет 5560 кг/м^3, а ниже ее — 10080 кг/м^3.

Здесь начинается земное ядро, или, точнее говоря, внешнее ядро, так как в его центре находится еще одно — внутреннее ядро, радиус которого 1250 км.

Внешнее ядро, очевидно, находится в жидком состоянии, поскольку поперечные волны, не способные распространяться в жидкости, через него не проходят. С существованием жидкого внешнего ядра связывают происхождение магнитного поля Земли. Внутреннее ядро, по-видимому, твердое.

У нижней границы мантии давление достигает 130 ГПа, температура там не выше 5000 К. В центре Земли температура, возможно, поднимается до 10 000 К.

ОТТО ЮЛЬЕВИЧ ШМИДТ (1891—1956)



Отто Юльевич Шмидт — советский ученый-математик, геофизик, географ, астроном, академик (с 1935 г.). Родился в Могилеве, в 1913 г. окончил Киевский университет. В 1923—1956 гг. был профессором математики в Московском университете и одновременно вел руководящую научную и научно-организационную работу в различных областях.

Для комплексного изучения Земли как планеты Шмидт основал новый институт — Институт теоретической геофизики Академии наук СССР и стал первым его директором (1937—1949; ныне это Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта). С 1932 по 1939 г. он возглавлял Главное управление Северного морского пути. Участвовал в организации дрейфующей научной станции «Северный полюс-1» (1937), за что ему было присвоено звание Героя Советского Союза.

В области астрономии Шмидт во главе коллектива ученых разработал космогоническую теорию «холодного» образования Земли и других планет Солнечной системы из газопылевого облака, окружавшего Солнце. По этой теории, мелкие частицы протопланетного облака сначала слипались в тела небольших размеров, а затем уже в планеты. Особой заслугой Шмидта как теоретика было то, что он доказал принципиальную возможность захвата Солнцем случайно встреченного им протопланетного облака. Гипотеза Шмидта позволила дать объяснение распределению момента количества движения между Солнцем и планетами, впервые согласовывала между собой многие астрономические, геофизические и геологические факты: например, объясняла наблюдаемую закономерность в распределении планет Солнечной системы и хорошо согласовывалась с оценками возраста Земли по возрасту горных пород. Гипотеза Шмидта является важным вкладом в небесную механику и звездную динамику.

В честь О. Ю. Шмидта названы остров в Северном Ледовитом океане, равнина в Антарктиде и мыс на Чукотке. За лучшие работы по геофизике Академия наук СССР присуждает премии им. О. Ю. Шмидта.

ЗЕМНОЙ ЭЛЛИПСОИД

Поверхность земной суши чрезвычайно сложна. В деталях она отображается на топографических картах. Однако для изучения главных особенностей строения *Земли* как планеты необходимо уметь представлять ее форму в обобщенном виде. Для этой цели используют простую геометрическую фигуру — трехосный или чаще двухосный земной эллипсоид. Земной эллипсоид вычисляется по результатам геодезических измерений. При вычислениях размеров и положения земного эллипсоида относительно реального тела Земли обычно ставят условия, чтобы его малая ось и экватор совпадали соответственно с осью вращения и экватором Земли, а объем равнялся объему Земли. Это облегчает его использование в геодезии.

Размеры и положение земного эллипсоида в теле Земли вычислялись во многих странах мира. Из-за различий в составе использованных исходных данных результаты несколько отличаются друг от друга. Некоторые из эллипсоидов служили в последующем для составления карт и других геодезических целей. Их принято называть референц-эллипсоидами.

При геодезических работах в СССР и других социалистических странах принят двухосный референц-эллипсоид, определенный под руководством советского ученого-геодезиста Ф. Н. Красовского, — так называемый эллипсоид Красовского. Радиус экватора этого эллипсоида равен 6378 км, а полярная полуось короче радиуса экватора на 21,38 км. Со второй половины XX в. для определения земного эллипсоида используются наблюдения искусственных спутников Земли (см. *Космическая геодезия*).

ЗЕРКАЛЬНО-ЛИНЗОВЫЙ ТЕЛЕСКОП

Зеркально-линзовый телескоп — оптический инструмент, в котором изображение строится сложным объективом, содержащим как зеркала (отражающие поверхности), так и линзы (преломляющие поверхности). В этих телескопах зеркала формируют изображения, а линзы исправляют аберрации (искажения изображения) зеркал. Основные системы зеркально-линзовых телескопов — система Шмидта и система Максутова.

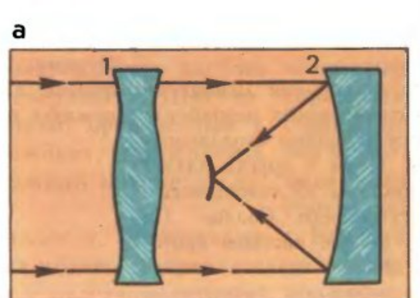
Главное зеркало системы Шмидта имеет вогнутую сферическую отражающую поверхность. Сферическое зеркало проще в изготовлении, чем параболическое, но имеет значительную сферическую аберрацию. Поэтому в центре кривизны главного зеркала устанавливается коррекционная пластина Шмидта, исправляющая сферическую аберрацию зеркала, кóму и астигматизм (см. *Объектив*). Поле зрения зеркально-линзовых телескопов, как правило, намного больше, чем у *рефракторов*. В системе Шмидта оно достигает 25°. Относительное отверстие при этом может достигать 1:0,5 (система светосильная). Однако, в связи с тем что коррекционная пластина находится на двойном фокусном расстоянии от зеркала, телескопы системы Шмидта довольно длинные. Сложная форма коррекционной пластины требует сложной технологии изготовления.

Для коррекции аберрации главного зеркала советский оптик Д. Д. Максутов предложил менисковую линзу. Центральная зона мениска имеет зеркальное покрытие и используется как второе зеркало в системе Кассегрена (см. *Рефлекторы*), что позволяет уменьшить длину трубы телескопа.

Менисковые линзы, имеющие сферические поверхности, намного проще в изготовлении, чем коррекционные пластины Шмидта. Телескопы Максутова обеспечивают изображения высокого качества при поле зрения до 5° и относительном отверстии 1:1,2.

Существует еще одна система зеркально-линзовых телескопов (так называемый супер-Шмидт), в которой сферическая аберрация вогнутого сферического зеркала исправляется сочетанием коррекционной пластинки Шмидта и менисками.

Крупнейший советский менисковый телескоп с 70-см зеркалом установлен на *Абастуманской астрофизической обсерватории* АН Грузинской ССР. Специальный зеркально-линзовый объектив создан Д. Д. Максутовым для *спутниковой фотокамеры* ВАУ; диаметр зеркала у этого объектива — 107 см.



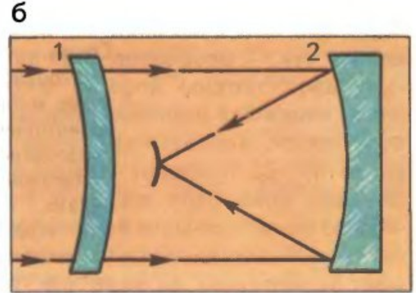
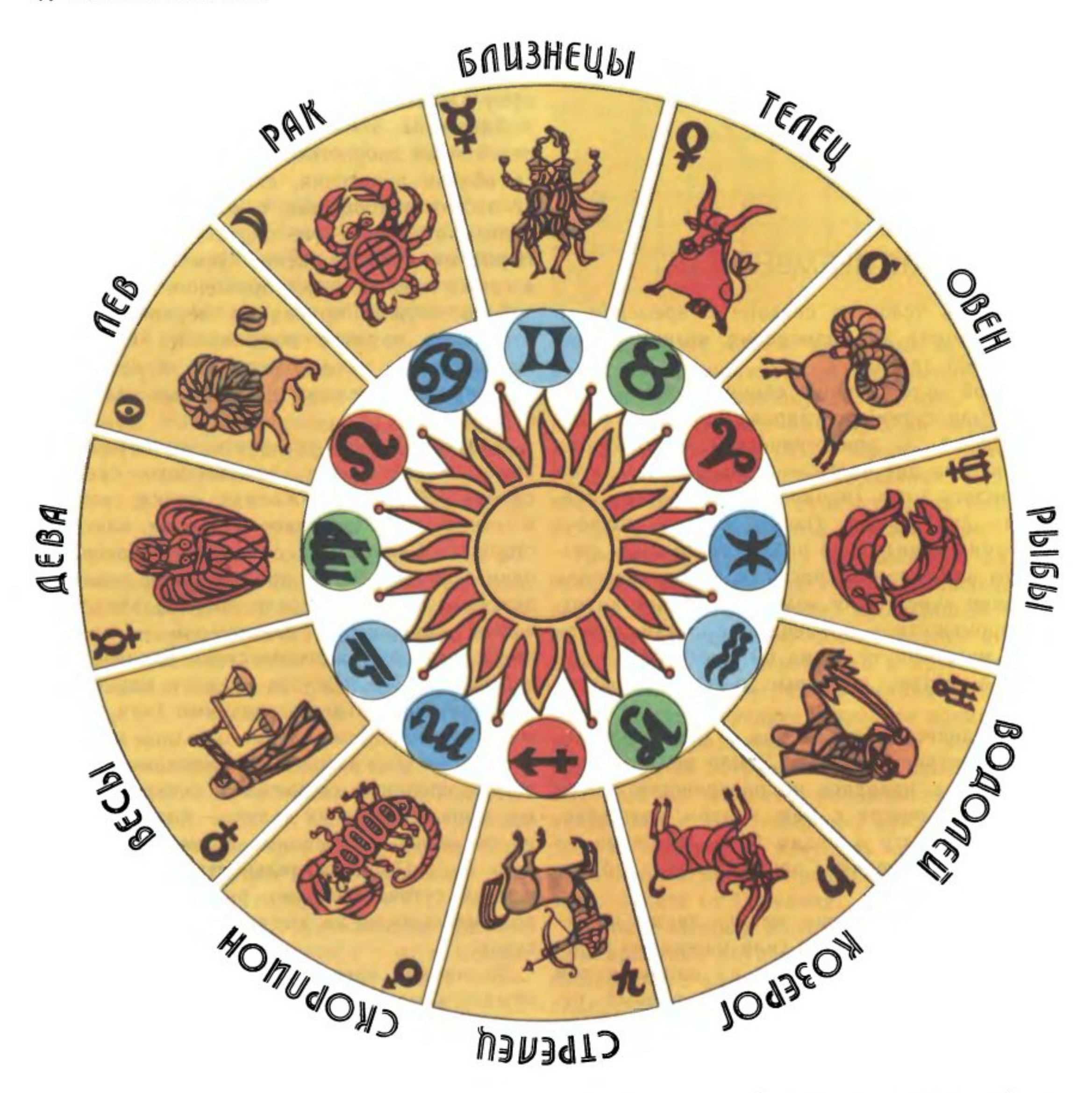


Схема зеркально-линзового телескопа: система Шмидта (слева); система Максутова (справа).

Круг зодиакальных созвездий.



ЗОДИАК

Зодиаком или поясом зодиака (зодиакальным кругом) называют 12 созвездий, расположенных на небе вдоль *эклиптики,* т. е. того большого круга *небесной сферы,* вдоль которого перемещается *Солнце* при своем видимом годовом движении. По зодиакальным созвездиям движутся и планеты *Солнечной системы.*

Всего зодиакальных созвездий — 12. Это Овен, Телец, Близнецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, Стрелец, Козерог, Водолей, Рыбы. Названия эти возникли еще в глубокой древности. Само слово «зодиак» (по-гречески zodiakos) произошло от слова «zoon» — «животное», поскольку большинству созвездий народная фантазия присвоила имена различных животных.

Зодиакальные созвездия обозначаются особыми знаками (см. *Астрономические знаки*). Некоторые из них используются для обозначения *точки весеннего* (знак Овна) и осеннего (знак Весов) равноденствий, летнего (знак Рака) и зимнего (знак Козерога) солнцестояний. Знаками зодиака обозначаются иногда и месяцы.

На рисунке изображен круг зодиакальных созвездий со стилизованными изображениями этих созвездий и соответствующими им знаками (в кружочках около изображения Солнца).

И

ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ

Вся жизнь человека связана с временем, и необходимость его измерения возникла еще в глубокой древности.

Первой естественной единицей меры времени были сутки, регулировавшие труд и отдых людей. С доисторической эпохи сутки делились на две части — день и ночь. Затем выделились утро (начало дня), полдень (середина дня), вечер (конец дня) и полночь (середина ночи). Еще позже сутки были разделены на 24 равные части, которые получили название «час». Для измерения более коротких промежутков времени час стали делить на 60 мин, минуту — на 60 с, секунду — на десятые, сотые, тысячные и т. д. доли секунды.

Периодическая смена дня и ночи происходит вследствие вращения Земли вокруг своей оси. Но мы, находясь на поверхности Земли и участвуя вместе с нею в этом вращении, не ощущаем его и судим о ее вращении по суточному движению Солнца, звезд и других небесных тел.

Промежуток времени между двумя последовательными верхними (или нижними) кульминациями центра Солнца на одном и том же географическом меридиане, равный периоду вращения Земли относительно Солнца, называется истинными солнечными сутками, а время, выраженное в долях этих суток — часах, минутах и секундах, — истинным солнечным временем T_0.

За начало истинных солнечных суток принимается момент нижней кульминации центра Солнца (истинная полночь), когда считается $T_0=0$ ч. В момент верхней кульминации Солнца, в истинный полдень, $T_0=12$ ч. В любой другой момент суток истинное солнечное время $T_0 = 12$ ч $+ t_0$, где t_0 — часовой угол (см. *Небесные координаты*) центра Солнца, который может быть определен, когда Солнце находится над горизонтом.

Но измерять время истинными солнечными сутками неудобно: в течение года они периодически меняют свою продолжительность — зимой они длиннее, летом короче. Наиболее длинные истинные солнечные сутки на 51 с продолжительнее самых коротких. Происходит это потому, что Земля кроме вращения вокруг своей оси движется по эллиптической орбите и вокруг Солнца. Следствием этого движения Земли является видимое годичное движение Солнца среди звезд по *эклиптике,* в направлении, противоположном его суточному движению, т. е. с запада на восток.

Движение Земли по орбите происходит с переменной скоростью. Когда Земля находится вблизи перигелия, скорость ее движения по орбите наибольшая, а когда она проходит вблизи афелия — ее скорость наименьшая. Неравномерное движение Земли по орбите, а также наклон ее оси вращения к плоскости орбиты служат причинами неравномерности изменения прямого восхождения Солнца в течение года, а следовательно, и непостоянства продолжительности истинных солнечных суток.

Для того чтобы устранить это неудобство, ввели понятие так называемого среднего солнца. Это воображаемая точка, которая в течение года (за такое же время, как и настоящее Солнце по эклиптике) совершает один полный оборот по небесному экватору, двигаясь при этом среди звезд с запада на восток совершенно равномерно и проходя *точку весеннего равноденствия* одновременно с Солнцем. Промежуток времени между двумя последовательными верхними (или нижними) кульминациями среднего солнца на одном и том же географическом меридиане называется средними солнечными сутками, а время, выраженное в их долях — часах, минутах и секундах, — средним солнечным временем $T_{ср}$. Продолжительность средних солнечных суток, очевидно, равна средней продолжительности за год истинных солнечных суток.

За начало средних солнечных суток принимается момент нижней кульминации среднего солнца (средняя полночь). В этот момент $T_{ср} = 0$ ч. В момент верхней кульминации среднего солнца (в средний полдень) среднее солнечное время $T_{ср} = 12$ ч, а в любой другой момент суток $T_{ср} = 12$ ч$+ t_{ср}$, где $t_{ср}$ — часовой угол среднего солнца.

Среднее солнце — это воображаемая точка, на небе ничем не отмеченная, так что определить часовой угол $t_{ср}$ непосредственно из наблюдений нельзя. Но его можно вычислить, если известно уравнение времени.

Уравнением времени называется разность между средним солнечным временем и истинным солнечным временем в один и тот же момент, или разность часовых углов среднего и истинного Солнца, т. е.

$\eta = T_{ср} - T_0 = t_{ср} - t_0$.

Уравнение времени может быть вычислено теоретически для любого момента времени. Обычно оно публикуется в *астрономических ежегодниках и календарях* для средней полночи на Гринвичском меридиане. Приближен-

ная величина уравнения времени может быть найдена по прилагаемому графику.

Из графика видно, что 4 раза в году уравнение времени равно нулю. Это бывает около 15 апреля, 14 июня, 1 сентября и 24 декабря. Наибольшей положительной величины уравнение времени достигает около 11 февраля ($\eta = +14$ мин), а отрицательной — около 2 ноября ($\eta = -16$ мин).

Зная уравнение времени и истинное солнечное (из наблюдений Солнца) время для данного момента, можно найти среднее солнечное время. Однако среднее солнечное время проще и точнее вычисляется по определяемому из наблюдений звездному времени.

Промежуток времени между двумя последовательными верхними (или нижними) кульминациями точки весеннего равноденствия на одном и том же географическом меридиане называется звездными сутками, а время, выраженное в их долях — часах, минутах и секундах, — звездным временем.

За начало звездных суток принимается момент верхней кульминации точки весеннего равноденствия. В этот момент звездное время $s=0$ ч, а в момент нижней кульминации точки весеннего равноденствия $s=12$ ч. В любой другой момент звездных суток звездное время $s = t_\gamma$, где t_γ — часовой угол точки весеннего равноденствия.

Точка весеннего равноденствия на небе ничем не отмечена, и найти ее часовой угол из наблюдений нельзя. Поэтому астрономы вычисляют звездное время, определяя часовой угол звезды t^*, для которой известно прямое восхождение α; тогда $s = \alpha + t^*$.

В момент верхней кульминации звезды, когда $t^*=0$, звездное время $s = \alpha$; в момент нижней кульминации звезды $t^*=12$ ч и $s = \alpha + 12$ ч (если α меньше 12 ч) или $s = \alpha - 12$ ч (если α больше 12 ч).

Измерение времени звездными сутками и их долями (звездными часами, минутами и секундами) используется при решении многих астрономических задач.

Среднее солнечное время определяется с помощью звездного времени на основе следующего соотношения, установленного многочисленными наблюдениями:

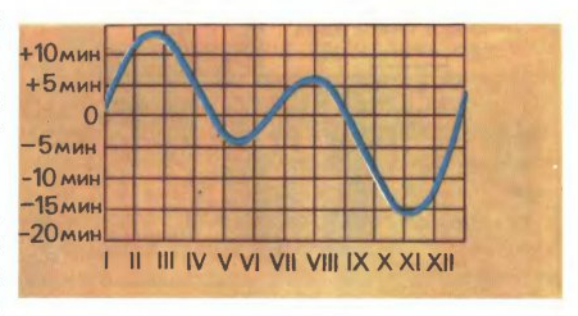
365,2422 средних солнечных суток = 366,2422 звездных суток, откуда следует:

24 ч звездного времени = 23 ч 56 мин 4,091 с среднего солнечного времени;

24 ч среднего солнечного времени = 24 ч 3 мин 56,555 с звездного времени.

Измерение времени звездными и солнечными сутками связано с географическим меридианом. Время, измеренное на данном меридиане, называется местным временем этого меридиана, и оно одинаково для всех пунктов, находящихся на нем. Вследствие вращения Земли с запада на восток местное время в

График уравнения времени.



один и тот же момент на разных меридианах различно. Например, на меридиане, лежащем на 15° к востоку от данного, местное время будет больше на 1 ч, а на меридиане, расположенном на 15° к западу, — меньше на 1 ч, чем на данном меридиане. Разность местных времен двух пунктов равна разности их долгот, выраженной в часовой мере.

По международному соглашению за начальный меридиан для счета географических долгот принят меридиан, проходящий через бывшую Гринвичскую обсерваторию в Лондоне (сейчас она переведена в другое место, но Гринвичский меридиан оставили начальным). Местное среднее солнечное время Гринвичского меридиана называется всемирным временем. В астрономических календарях и ежегодниках моменты большинства явлений указываются по всемирному времени. Моменты этих явлений по местному времени какого-либо пункта легко определить, зная долготу этого пункта от Гринвича.

В повседневной жизни пользоваться местным временем неудобно, потому что местных систем счета времени в принципе столько же, сколько географических меридианов, т. е. бесчисленное множество. Большое различие между всемирным временем и местным временем меридианов, удаленных от Гринвичского на значительные расстояния, создает неудобства и при использовании всемирного времени в повседневной жизни. Так, например, если в Гринвиче полдень, т. е. 12 ч всемирного времени, то в Якутии и в Приморье на Дальнем Востоке нашей страны уже наступил поздний вечер.

С 1884 г. во многих странах мира стала применяться поясная система счета среднего солнечного времени. Эта система счета времени основана на разделении поверхности Земли на 24 часовых пояса; во всех пунктах в пределах одного пояса в каждый момент поясное время одинаково, в соседних поясах оно отличается ровно на 1 ч. В системе поясного времени 24 меридиана, отстоящих по долготе на 15° друг от друга, приняты за основные меридианы часовых поясов. Границы поясов на морях и океанах, а также в малонаселен-

ЧАСОВЫЕ ПОЯСА МИРА

0 3000 км

Территории, на которых принято поясное время. Начало отсчета поясного времени ведется от Гринвичского меридиана

Территории, на которых принятое время отличается от Гринвичского на обозначенную величину

Территории, на которых система исчисления времени не установлена или не объявлена

На территории СССР часовая стрелка переведена на 1 час вперед против поясного времени (декретное время)

ЧАСОВЫЕ ПОЯСА СССР

0 600 км

Границы часовых поясов



Декретное время, когда в Гринвиче полночь

Территории РСФСР, на которых принято время соседнего часового пояса

Примечание. Ежегодно в СССР осуществляется дополнительный перевод часовой стрелки на 1 час вперед в последнее воскресенье марта и на 1 час назад в последнее воскресенье сентября

Цифрами на карте обозначены:

1 Эстонская ССР
2 Латвийская ССР
3 Литовская ССР
4 РСФСР, Калининградская область
5 Белорусская ССР
6 Молдавская ССР
7 Грузинская ССР
8 Армянская ССР
9 Азербайджанская ССР
10 Киргизская ССР
11 Таджикская ССР

ных местах проводят по меридианам, отстоящим на 7,5° к востоку и западу от основного. В остальных районах Земли границы поясов для большего удобства проведены по близким к этим меридианам государственным и административным границам, рекам, горным хребтам и т. п.

По международному соглашению за начальный был принят меридиан с долготой 0° (Гринвичский). Соответствующий часовой пояс считается нулевым. Остальным поясам в направлении от нулевого на восток присвоены номера от 1 до 23.

Поясным временем какого-либо пункта называется местное среднее солнечное время основного меридиана того часового пояса, на территории которого этот пункт находится. Разность между поясным временем в какомлибо часовом поясе и всемирным временем (временем нулевого пояса) равна номеру часового пояса.

Часы, поставленные по поясному времени во всех часовых поясах, показывают одно и то же количество секунд и минут, и их показания различаются только на целое число часов. Система поясного счета времени устраняет неудобства, связанные с использованием как местного, так и всемирного времени.

Поясное время некоторых часовых поясов имеет особые названия. Так, например, время нулевого пояса называется западно-европейским, время 1-го пояса — среднеевропейским, 2-го пояса — восточно-европейским. В США время 16, 17, 18, 19 и 20-го поясов называют соответственно тихоокеанским, горным, центральным, восточным и атлантическим временем.

В нашей стране поясное время было введено с 1 июля 1919 г.

Территорию СССР сейчас делят на 10 часовых поясов, которые имеют номера от 2-го до 11-го (см. карту часовых поясов).

На карте поясного времени по меридиану 180° долготы проведена *линия перемены даты*.

В целях экономии и более рационального распределения электроэнергии в течение суток, особенно в летний период, в некоторых странах весной стрелки часов переводят на час вперед и такое время называют летним временем. Осенью стрелка возвращается на час назад.

В нашей стране в 1930 г. декретом Советского правительства стрелки часов во всех часовых поясах были переведены на один час вперед на все время, впредь до отмены (такое время получило название декретного времени). Изменен этот порядок счета времени был в 1981 г., когда была введена система летнего времени (вводилось оно временно и ранее, до 1930 г.). По существующему правилу переход к летнему времени происходит ежегодно в 2 ч ночи последнего воскресенья марта, когда стрелки часов переводятся на 1 ч вперед. Отменяется оно в 3 ч ночи последнего воскресенья сентября, когда стрелки часов отводятся на 1 ч назад. Поскольку временный перевод стрелок производится по отношению к постоянному времени, идущему на 1 ч впереди поясного (оно совпадает с существовавшим ранее декретным временем), то в весенние и летние месяцы наши часы идут впереди поясного времени на 2 ч, а в осенние и зимние месяцы — на 1 ч. Столица нашей Родины Москва находится во 2-м часовом поясе, поэтому время, по которому живут в этом поясе (и летом, и зимой), называется московским временем. По московскому времени в СССР составляют расписания движения поездов, пароходов, самолетов, отмечается время на телеграммах и т. п.

В обыденной жизни время, которым пользуются в том или ином населенном пункте, часто называют местным временем этого пункта; его не следует путать с астрономическим понятием местного времени, о котором говорилось выше.

Начиная с 1960 г. в астрономических ежегодниках координаты Солнца, Луны, планет и их спутников публикуются в системе эфемеридного времени.

Еще в 30-х гг. XX в. было окончательно установлено, что Земля вращается вокруг своей оси неравномерно. При уменьшении скорости вращения Земли сутки (звездные и солнечные) удлиняются, а при увеличении ее — укорачиваются. Величина средних солнечных суток вследствие неравномерности вращения Земли увеличивается за 100 лет на 1—2 тысячных доли секунды. Это очень малое изменение несущественно для повседневной жизни человека, однако им нельзя пренебрегать в некоторых разделах современной науки и техники. Была введена равномерная система счета времени — эфемеридное время.

Эфемеридное время — равномерно текущее время, которое мы подразумеваем в формулах и законах динамики при вычислении координат (эфемерид) небесных тел. Для того чтобы вычислить разность между эфемеридным временем и всемирным временем, сравнивают наблюденные в системе всемирного времени координаты Луны и планет с их координатами, вычисленными по формулам и законам динамики. Разность эта была принята равной нулю в самом начале XX в. Но так как скорость вращения Земли в XX в. в среднем уменьшилась, т. е. наблюдаемые сутки были длиннее равномерных (эфемеридных) суток, то эфемеридное

время «уходило» вперед относительно всемирного времени, и в 1986 г. разность составила плюс 56 с.

До открытия неравномерности вращения Земли производная единица меры времени — секунда — определялась как $^1/_{86400}$ доля средних солнечных суток. Непостоянство средних солнечных суток вследствие неравномерного вращения Земли заставило отказаться от такого определения и дать следующее: «Секунда есть $^1/_{31556925,9747}$ доля тропического года для 1900 г., января 0, в 12 ч эфемеридного времени».

Определяемая таким путем секунда получила название эфемеридной. Число 31 556 925, 9747, равное произведению 86400×365,2421988, есть число секунд в тропическом году, продолжительность которого для 1900 г., января 0, в 12 ч эфемеридного времени равнялась 365,2421988 средних солнечных суток.

Иначе говоря, эфемеридная секунда есть промежуток времени, равный $^1/_{86400}$ доле средней продолжительности средних солнечных суток, которую они имели в 1900 г., в январе 0, в 12 ч эфемеридного времени.

Таким образом, новое определение секунды связано с движением Земли по эллиптической орбите вокруг Солнца, тогда как старое определение основывалось только на ее вращении вокруг своей оси.

Создание *атомных часов* позволило получить принципиально новую шкалу времени, не зависящую от движений Земли и получившую название атомного времени. В 1967 г. на Международной конференции по мерам и весам в качестве единицы меры времени была принята атомная секунда, определяемая как «время, равное 9 192 631 770 периодам излучения соответствующего перехода между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133».

Продолжительность атомной секунды выбрана таким образом, чтобы она была максимально близка к продолжительности эфемеридной секунды.

Атомная секунда является одной из семи основных единиц Международной системы единиц (СИ).

Шкала атомного времени основывается на показаниях цезиевых атомных часов обсерваторий и лабораторий *служб времени* нескольких стран мира, в том числе и Советского Союза.

Итак, мы познакомились со множеством различных систем измерения времени, но нужно четко представить себе, что все эти различные системы времени относятся к одному и тому же реально и объективно существующему времени. Иными словами, никаких различных времен не существует, есть лишь различные единицы времени и различные системы счета этих единиц.

ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Институт космических исследований Академии наук СССР (ИКИ) основан в 1965 г. как ведущий институт Академии наук СССР в области научных исследований космического пространства, в частности тел *Солнечной системы*, с помощью космических аппаратов. *Астрофизика*, физика *планет* и космической плазмы, исследования *Земли* из космоса и космическая технология — таков далеко не полный перечень научных направлений института. Ученые и специалисты института участвовали в разработке десятков крупных международных проектов. В их числе участие в организации совместного полета советского пилотируемого корабля «Союз» и американского «Аполлон»; советско-французский эксперимент «Аракс» по созданию искусственных полярных сияний. В 1976 г. осуществлен эксперимент «Радуга»: на борту советского пилотируемого корабля «Союз-22» была установлена многозональная фотокамера, созданная совместно специалистами ИКИ и народного предприятия «Карл Цейс. Йена» (ГДР). В ходе эксперимента земная поверхность фотографировалась одновременно в нескольких участках спектра (в разных цветах) для исследования полезных ископаемых и для решения многих других народнохозяйственных задач.

Институт возглавляет конструкторское бюро в г. Фрунзе с современным производством, оснащенным необходимым оборудованием. Здесь создается аппаратура, успешно работающая на *автоматических межпланетных станциях* серии «Марс», «Венера», «Луна», искусственных спутниках серии «Космос», орбитальных научных станциях «Салют», пилотируемых *космических кораблях* «Союз».

Результаты опытов, выполненных в космосе, собираются и обрабатываются в вычислительном центре института.

Институт работает в сотрудничестве с рядом других научных учреждений Академии наук СССР и промышленных предприятий.

ИНСТИТУТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ АСТРОНОМИИ

Институт теоретической астрономии Академии наук СССР в Ленинграде — единственное в нашей стране специализированное научное учреждение, которое проводит разнообразные исследования по теоретическим и прикладным вопросам *небесной механики*.

Институт начал свою деятельность 7 октября 1919 г. как Вычислительный институт при Всероссийском астрономическом союзе. В Ин-

ститут теоретической астрономии он был преобразован в октябре 1943 г.

Одна из важнейших задач Института теоретической астрономии — вычисление эфемерид, необходимых для организации *астрономических наблюдений* и геодезических работ, для морской и воздушной навигации, а в настоящее время и навигации *космических кораблей.*

Эфемериды больших и *малых планет, спутников планет, Луны, Солнца,* данные о затмениях и других астрономических явлениях составляют основное содержание астрономических ежегодников, издаваемых институтом.

С запуском в космос искусственных спутников Земли институт занимается теоретическими проблемами, связанными с движением в космосе ИСЗ.

С 1948 г. и по настоящее время Институт теоретической астрономии — международный центр по изучению движения малых планет. Он каждый год выпускает единственное в мире издание — «Эфемериды малых планет». Специальная группа ученых, сотрудников института, исследующих малые планеты, работает на *Крымской астрофизической обсерватории.*

ИСКУССТВЕННЫЕ СПУТНИКИ

4 октября 1957 г. в СССР с космодрома Байконур был осуществлен запуск первого искусственного спутника Земли (ИСЗ). Это всемирно-историческое событие стало началом новой эры в истории человечества — эры изучения и освоения космического пространства.

ИСЗ выводятся на орбиты с помощью многоступенчатых ракет-носителей, которые поднимают их на определенную высоту над поверхностью Земли и разгоняют до скорости, равной или превышающей (но не более чем в 1,4 раза) первую *космическую скорость.* Запуски ИСЗ с помощью собственных ракет-носителей производят СССР, США, Франция, Япония, КНР, Великобритания и Индия. Некоторые ИСЗ, изготовленные в Канаде, Италии, ФРГ, Индии, Нидерландах, Франции и других странах, запускаются с помощью советских и американских ракет-носителей. Ряд ИСЗ выводится на орбиты в рамках международного сотрудничества. Таковы, например, спутники «Интеркосмос». Исследования на этих спутниках осуществляются совместно учеными социалистических стран.

С 1982 г. некоторые ИСЗ выводятся на орбиту транспортными космическими кораблями многоразового использования.

По состоянию на 1 января 1986 г. запущено около 3200 ИСЗ различных типов, в том числе примерно 2000 СССР и около 1200 США и другими странами.

Искусственными спутниками, по существу, являются все летательные космические аппараты, выведенные на орбиты вокруг Земли, включая *космические корабли* и *орбитальные станции* с экипажами. Однако к ИСЗ принято относить главным образом автоматические спутники, не предназначенные для работы на них человека-космонавта. Это вызвано тем, что пилотируемые космические корабли существенно отличаются по своим конструктивным особенностям от автоматических спутников. Так, космические корабли должны иметь системы жизнеобеспечения, специальные отсеки — спускаемые аппараты, в которых космонавты возвращаются на Землю. Для автоматических ИСЗ такого рода оборудование не обязательно или вовсе излишне.

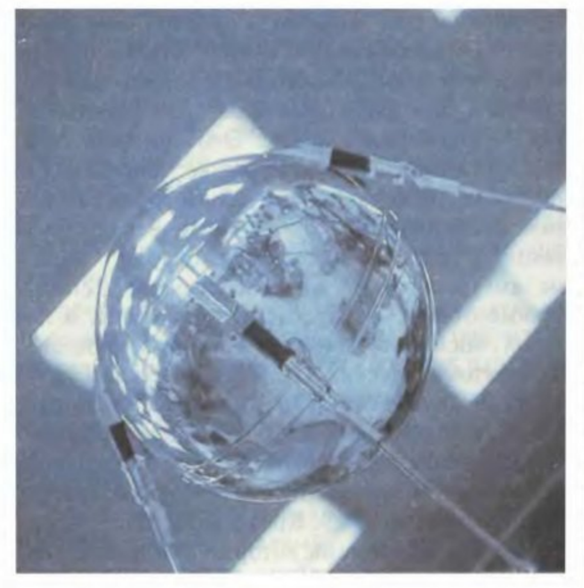
Классифицировать ИСЗ можно по различным признакам. Основной же принцип классификации — по целям запуска и задачам, решаемым с помощью ИСЗ. Кроме того, ИСЗ различаются по орбитам, на которые они выводятся, типам некоторого бортового оборудования и т. д.

По целям и задачам ИСЗ подразделяются на две большие группы — научно-исследовательские и прикладные. Научно-исследовательские спутники предназначены для получения новой научной информации о Земле и околоземном космическом пространстве, для проведения астрономических исследований, исследований в области биологии и медицины и других областях науки. Прикладные спутники служат для удовлетворения практических нужд человека, получения информации в интересах народного хозяйства, проведения технических экспериментов, а также для испытания и отработки нового оборудования.

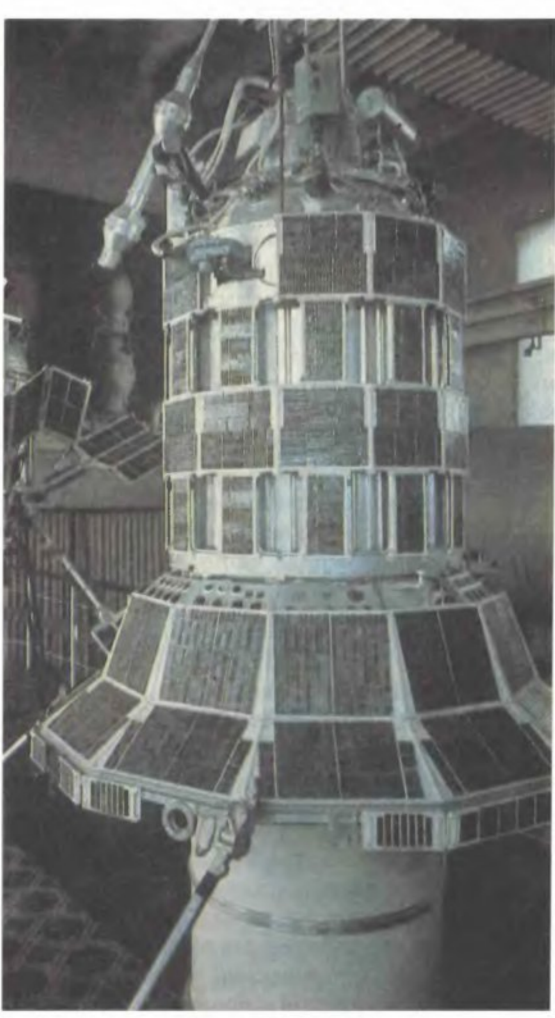
По орбитам, на которые ИСЗ выводятся, спутники Земли делятся на круговые, эллиптические, экваториальные (плоскость орбиты ИСЗ лежит в плоскости экватора), полярные (плоскость орбиты ИСЗ составляет с плоскостью экватора 90°), стационарные. Последние особенно интересны. Если ИСЗ вывести на круговую экваториальную орбиту высотой над поверхностью Земли 35 860 км и направить его движение в сторону направления вращения Земли, то такой ИСЗ будет находиться на стационарной орбите и казаться «висящим» неподвижно над одной точкой земного экватора. Стационарные орбиты особенно удобны для спутников связи.

Размеры, масса, оборудование ИСЗ зависят от задач, которые спутники решают. Первый в мире советский ИСЗ имел массу 83,6 кг, корпус в виде шара диаметром 0,58 м. Масса наименьшего ИСЗ составляла всего 700 г. Масса советского ИСЗ «Протон-4» около 17 т.

Размеры корпуса ИСЗ ограничиваются размерами головного обтекателя ракеты-носителя,



Первый искусственный спутник Земли.



Научно-исследовательский спутник серии «Электрон».

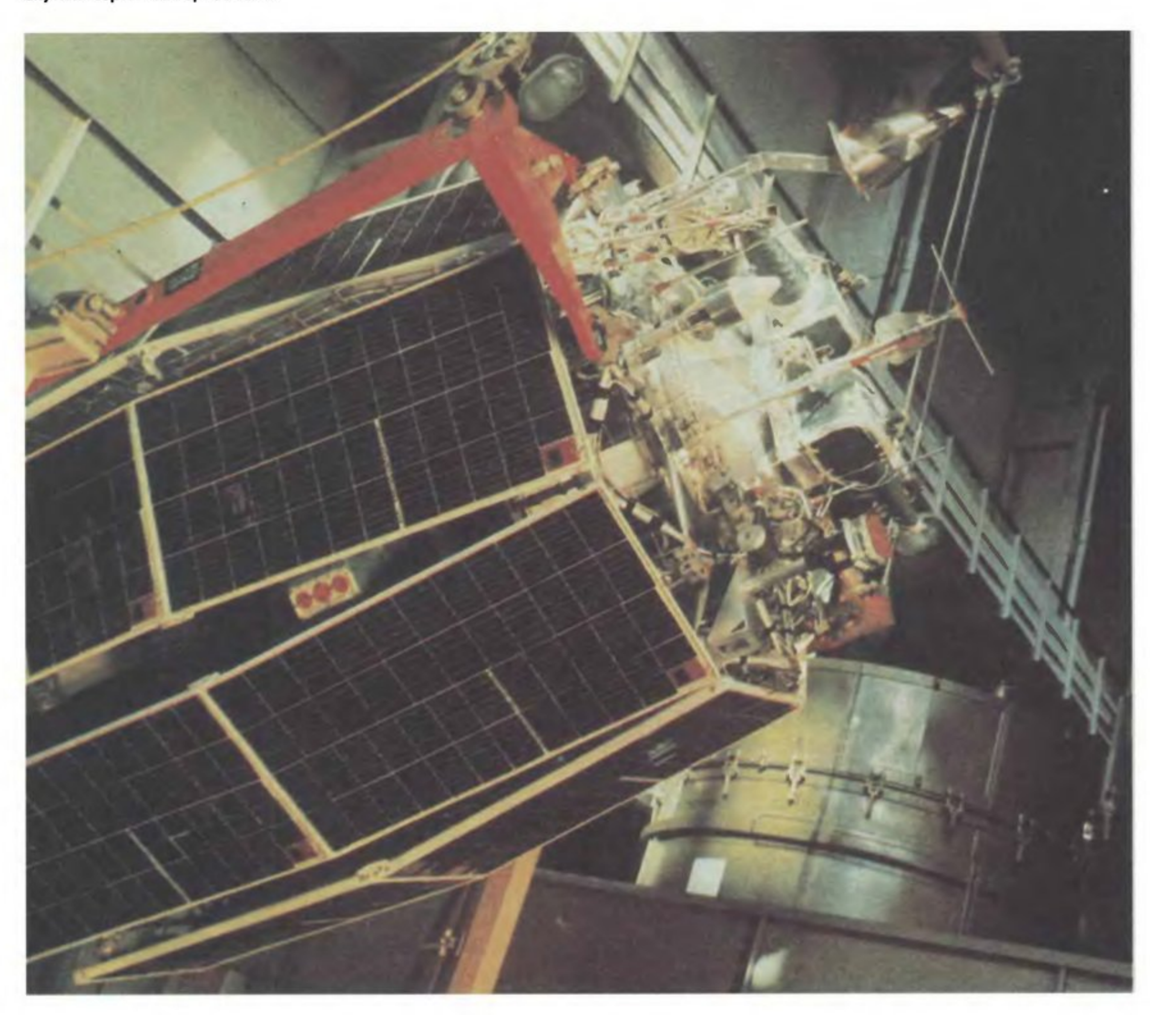
защищающего спутник от неблагоприятного воздействия атмосферы на участке выведения ИСЗ на орбиту. Поэтому диаметр, например, цилиндрического корпуса ИСЗ не превышает 3—4 м. На орбите размеры ИСЗ могут значительно увеличиться за счет развертываемых элементов спутника — панелей солнечных батарей, штанг с приборами, антенн.

Оборудование ИСЗ очень разнообразно. Это, во-первых, аппаратура, с помощью которой обеспечивается выполнение поставленных перед спутником задач, — научно-исследовательская, навигационная, метеорологическая и т. п. Во-вторых, так называемое служебное оборудование, призванное обеспечить необходимые условия для работы основной аппаратуры и связь между ИСЗ и наземным пунктом. К служебному оборудованию относятся системы энергопитания (солнечные батареи, электрохимические источники тока, радиоизотопные электрогенераторы), радиотелеметрическая система для передачи на Землю информации и приема на спутнике командных сигналов, система терморегулирования для создания и поддержания необходимого теплового режима работы аппаратуры. Служебные системы обязательны для подавляющего большинства ИСЗ. Кроме того, как правило, ИСЗ снабжается системой ориентации в пространстве, тип которой зависит от назначения спутника (ориентация по небесным телам, по магнитному полю Земли и т. п.), и бортовой электронной вычислительной машиной для управления работой приборов и служебных систем. Иногда на ИСЗ устанавливается спускаемый аппарат для возвращения на Землю приборов, материалов эксперимента, подопытных животных.

Научно-исследовательские ИСЗ решают самые разнообразные задачи по исследованию Земли, земной атмосферы и околоземного пространства, небесных тел. С помощью этих спутников были сделаны важные и крупные открытия, обнаружены *радиационные пояса* Земли, магнитосфера Земли, *солнечный ветер*. Интересные исследования ведутся с помощью специализированных биологических спутников: изучается влияние космического пространства на развитие и состояние животных, высших растений, микроорганизмов, клеток.

Все большее значение приобретают астрономические ИСЗ. Аппаратура, установленная на этих спутниках, находится вне плотных слоев земной атмосферы и позволяет исследовать излучение от небесных объектов в ультрафиолетовом, рентгеновском, инфракрасном и гамма-диапазонах спектра (см. *Электромагнитное излучение небесных тел*). Так, американский астрономический ИСЗ «Эксплорер-42» зарегистрировал около 150 источников ультрафиолетового излучения, а американские спутники «Вела» обнаружили загадочные гамма-всплески, происхождение которых до сих пор не объяснено (см. *Гамма-астрономия*).

Спутник серии «Интеркосмос».



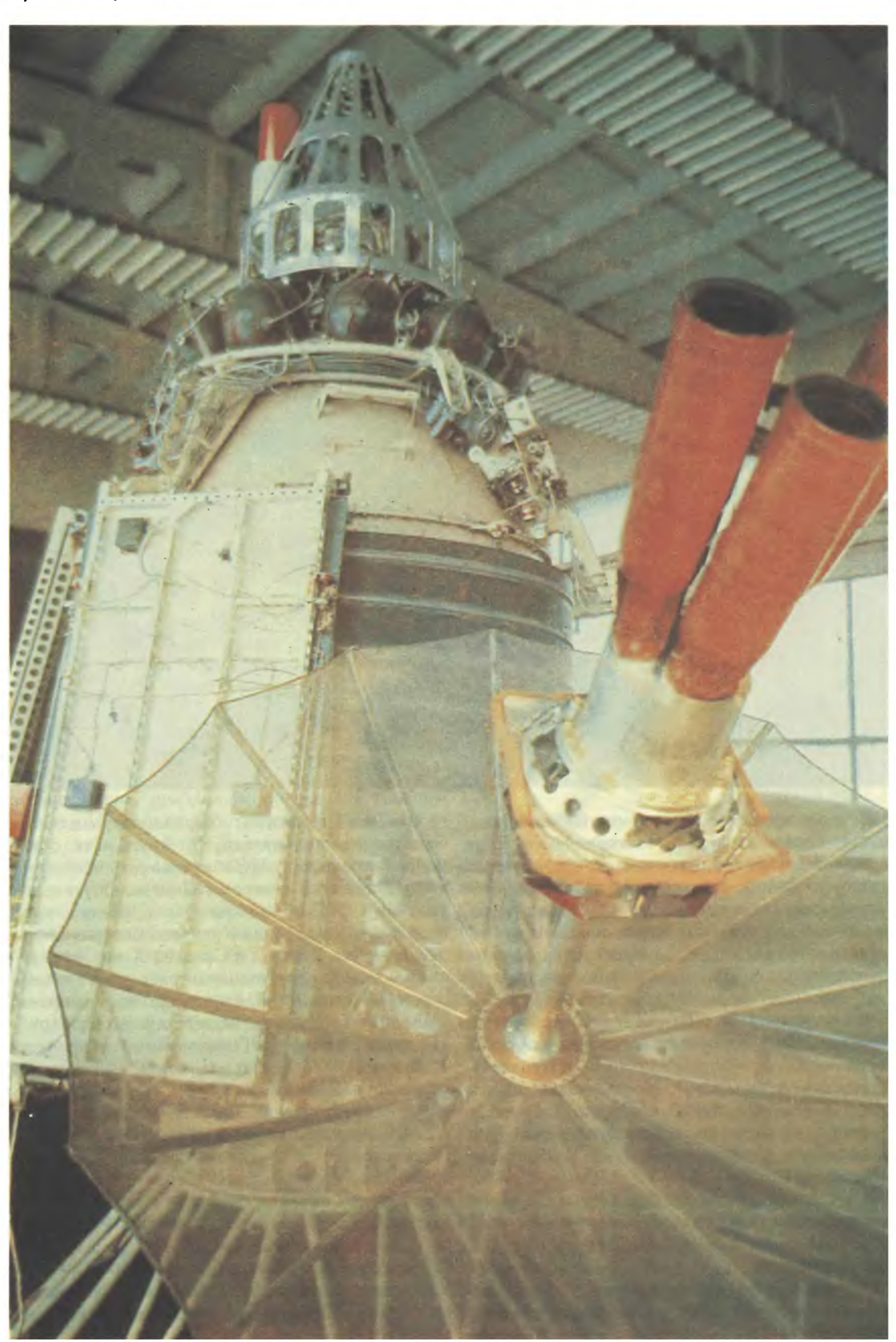
В последние годы быстро растет специализация научно-исследовательских ИСЗ. Если в первое десятилетие космической эры запускались спутники с широкими научными программами, то сейчас появились ИСЗ для углубленного изучения отдельных проблем и решения «узких» задач. Таковы спутники для получения тепловой карты Земли, для океанографических исследований, регистрации гамма-лучей, изучения *Солнца*. К научно-исследовательским ИСЗ относятся советские спутники серий «Электрон», «Протон», «Прогноз», «Космос», американские — серий «Эксплорер», *OSO, OGO, OAO, HEAO* (орбитальные геофизические, солнечные и астрономические обсерватории), французские — «Диадем», «Снег-3».

Прикладные ИСЗ предназначены для получения данных, нужных народному хозяйству, а также для испытаний новой ракетно-космической техники.

Спутники связи служат для передачи телевизионных программ, обеспечения радиотелефонной и телеграфной и других видов связи между наземными пунктами, расположенными на больших расстояниях друг от друга. Так, с помощью советских ИСЗ «Молния» обеспечивается передача программ Центрального телевидения СССР на пункты сети «Орбита», расположенные в районах Крайнего Севера, Сибири, Дальнего Востока и Средней Азии, а также связь между различными районами нашей огромной страны. К спутникам связи кроме «Молнии» относятся советские ИСЗ серий «Радуга», «Экран», «Горизонт», американские «Синком», «Уэстар», «Комсат», «Сатком», канадские «Аник» и др.

Метеорологические ИСЗ регулярно передают на наземные станции изображения облачного, снегового и ледового покровов Земли; сведения о температуре земной поверхности и различных слоев атмосферы и т. п. Эти данные используются для уточнения прогнозов погоды, своевременно предупреждают о надвигающихся ураганах, штормах, тайфунах. К метеорологическим ИСЗ относятся советские спутники «Метеор», американские «Тирос», «Итос», «Нимбус».

Спутник связи серии «Молния».



Большое значение приобрели специализированные ИСЗ для изучения природных ресурсов Земли. Аппаратура таких ИСЗ передает информацию, важную для различных отраслей народного хозяйства. Ее можно использовать для прогнозирования урожаев сельскохозяйственных культур, определения районов, перспективных с точки зрения поиска полезных ископаемых, для определения зараженных вредителями участков леса, для контроля загрязнения природной среды. К таким ИСЗ относятся некоторые советские спутники «Космос», американские «Лэндсат».

Навигационные ИСЗ позволяют быстро и точно определить местонахождения морских кораблей в любой точке Мирового океана, независимо от погодных условий. К навигационным ИСЗ относятся такие советские спутники, как «Космос-1000», американские «Транзит», «Навсат».

В последние годы появились специализированные океанографические ИСЗ для комплексных и детальных исследований водных поверхностей океанов, морей и т. д. К океанографическим спутникам относится, например, советский ИСЗ «Космос-1500».

Высокогуманную миссию выполняют ИСЗ, входящие в экспериментальную международную систему КОСПАС — САРСАТ, создаваемую СССР, США, Францией и Канадой. На околоземные, близкие к полярным орбиты высотой 800—1000 км выводится ряд ИСЗ, которые смогут «прослушивать» поверхность практически всей планеты. Все суда и самолеты стран-участниц системы КОСПАС — САРСАТ будут оснащены аварийными радиобуями, которые в случае катастрофы через каждые 50 с будут передавать кодированный сигнал бедствия. Этот сигнал должен содержать также сведения о судне или самолете, его национальной принадлежности. Спутник-спасатель, принявший сигнал бедствия, ретранслирует его ближайшей наземной станции аварийной информации, а также с точностью 2—4 км сообщит координаты терпящего бедствие транспорта. В рамках КОСПАС — САРСАТ запущены советские спутники «Космос-1383», «Космос-1447» и «Космос-1574»; на американских метеоспутниках НОАА-8, 9 установлено оборудование этой системы. С помощью спутников-спасателей с 1982 г. были спасены жизни более 400 человек, попавших в аварии.

Искусственные спутники *Луны* и планет запускаются пока только с научно-исследовательскими целями — для изучения атмосфер, поверхности и строения этих небесных тел, а также близлежащего космического пространства.

Луна стала первым после Земли небесным телом, на орбиты вокруг которого были выведены искусственные спутники. Первым искусственным спутником Луны (ИСЛ) стала советская автоматическая станция «Луна-10», запущенная 31 марта 1966 г. и выведенная на орбиту вокруг Луны через 3,5 сут после старта с Земли. Всего до 1985 г. было запущено 14 спутников Луны, в том числе 7 советских автоматических станций «Луна», 5 американских аппаратов типа «Лунар орбитер» и 2 типа «Эксплорер». В это число не входят оставшиеся на орбитах вокруг Луны некоторые станции «Луна», от которых отделялись спускаемые аппараты, а также американские космические корабли «Аполлон», осуществлявшие мягкую посадку на Луну и первоначально также выводившиеся на орбиты ИСЛ.

Марс — первая планета *Солнечной системы*, вокруг которой стали обращаться искусственные спутники. Всего таких спутников пять. В мае 1971 г. с Земли были запущены две советские автоматические межпланетные станции — «Марс-2» и «Марс-3»—и американский космический аппарат «Маринер-9». В ноябре—декабре 1971 г. они были переведены на орбиты вокруг Марса и стали его первыми искусственными спутниками. Искусственными спутниками Марса стали также орбитальные отсеки американских космических аппаратов «Викинг-1» и «Викинг-2».

В октябре 1975 г. обрела свои первые искусственные спутники планета Венера. Это советские автоматические станции «Венера-9» и «Венера-10». Третий искусственный спутник Венеры — американский космический аппарат «Пионер—Венера-1» был выведен на орбиту вокруг планеты в декабре 1978 г.

В октябре 1983 г. на орбиты искусственных спутников этой планеты были выведены советские автоматические станции «Венера-15» и «Венера-16».

К

КАЛЕНДАРЬ

Календарь — система счисления длительных промежутков времени, основанная на периодичности таких явлений природы, как смена дня и ночи, смена фаз Луны, смена времен года. Первое из этих явлений определяет единицу меры времени — сутки; второе — синодический месяц, средняя продолжительность которого равна 29,5306 сут; третье — тропический год, равный в среднем 365,2422 сут.

Синодический месяц и тропический год не содержат целого числа средних солнечных суток. Таким образом, все эти три меры времени несоизмеримы, и невозможно достаточно просто выразить одну из них через другую. Трудно, например, подобрать некоторое точное число тропических годов, в которых содержалось бы целое число лунных месяцев и целое число суток.

Стремление хотя бы до некоторой степени согласовать между собой сутки, месяц и год привело к тому, что в разные эпохи, разными народами было создано много различных календарей, которые можно разделить на три главных типа: лунные, солнечные и лунно-солнечные. В основе лунных календарей лежит продолжительность синодического месяца, в основе солнечных — продолжительность тропического года, а лунно-солнечные основаны на обоих этих периодах.

Родина лунного календаря — Вавилон. Год в этом календаре состоял из 12 лунных месяцев по 29 или по 30 дней.

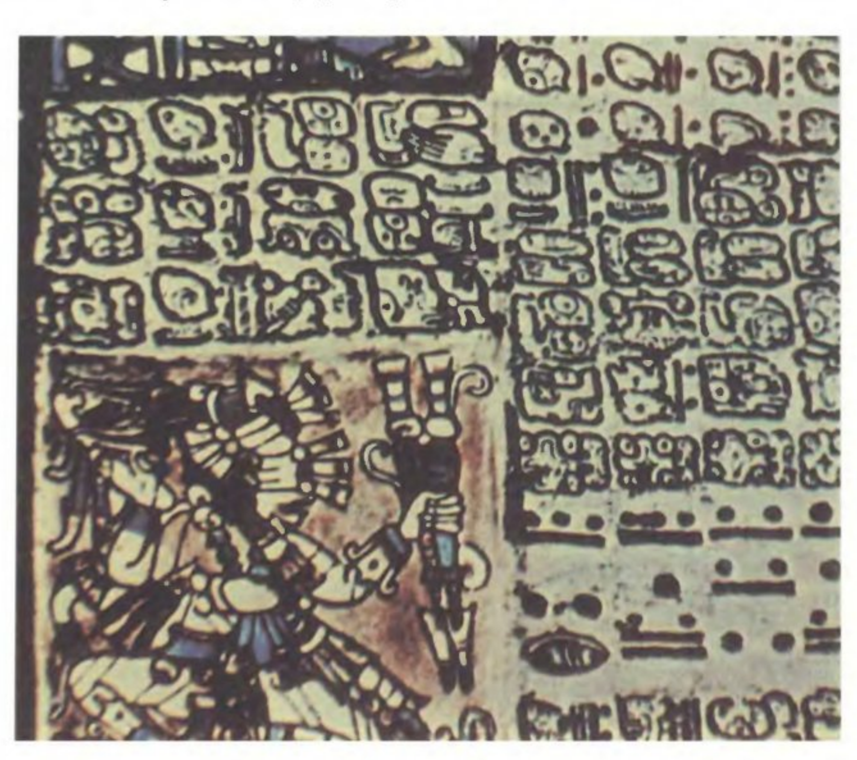
Мусульманский лунный календарь существует в настоящее время в ряде арабских стран. Количество дней в месяцах в этом календаре меняется с таким расчетом, чтобы первое число месяца начиналось с появления на небе «нового месяца», т. е. в новолуние.

Продолжительность года — 354 или 355 средних солнечных суток, т. е. он короче солнечного года на 10 сут.

Более совершенными явились лунно-солнечные календари, в которых лунные месяцы приблизительно согласуются с солнечным годом. Один из первых таких календарей появился в начале I тысячелетия до н. э. в Древней Греции. Год делился на 12 месяцев, каждый из которых начинался с новолуния. Для связи же с временами года (солнечным годом) периодически вставлялся дополнительный 13-й месяц. В настоящее время такая система сохранилась в еврейском календаре.

Один из первых солнечных календарей зародился в Древнем Египте за несколько тысячелетий до нашей эры. Египтяне заметили, что наступление летнего солнцестояния связано с первым предутренним восходом Сириуса (α Большого Пса), самой яркой звезды неба. Было замечено также, что предутренние восходы Сириуса приблизительно совпадают с началом

Календарь индейцев майя.



разлива Нила. А для египтян разливы Нила имели исключительно большое хозяйственное значение, так как от них зависел урожай главнейших злаковых культур. Наблюдения появления Сириуса позволили определить продолжительность года, которая сначала была принята равной 360, а затем 365 сут.

На основе этих наблюдений был разработан календарь. Год делился на 12 мес по 30 дней в каждом. Год был разделен также на 3 сезона по 4 мес в каждом: время разлива Нила, время сева, время сбора урожая. После уточнения продолжительности солнечного года (365 сут вместо 360) дополнительные 5 дней прибавлялись в конце года.

Солнечный календарь, которым пользуются сейчас почти все страны мира, ведет свою родословную от календаря древних римлян. Точных сведений о времени зарождения римского календаря нет. Однако известно, что около середины VIII в. до н. э. римляне использовали календарь, в котором год состоял из 10 мес и содержал 304 дня. В VII в. до н. э. была произведена реформа римского календаря: к календарному году добавили еще 2 мес, а число дней увеличили до 355. Но все же календарный год был короче тропического более чем на 10 сут, и календарные числа с каждым годом все менее соответствовали явлениям природы.

Чтобы устранить это несоответствие, каждые два года вставлялся добавочный месяц, который содержал попеременно то 22, то 23 дня. Таким образом, каждое четырехлетие состояло из двух годов по 355 дней и двух удлиненных годов (по 377 и по 378 дней). Средняя продолжительность календарного года за четырехлетие составляла 366,25 сут, что больше продолжительности тропического года на сутки с лишним.

Чтобы избежать расхождения между календарными числами и явлениями природы, надо было время от времени изменять продолжительность добавочных месяцев. Это было обязанностью жрецов, которые часто злоупотребляли своей властью, произвольно удлиняя или укорачивая год. В результате календарная система оказалась настолько запутанной, что, например, праздник жатвы по календарю иногда приходилось отмечать не летом, а зимой.

Новая реформа римского календаря была произведена в 46 г. до н. э. римским государственным деятелем и полководцем Юлием Цезарем. Счет по новому календарю, получившему название юлианского, начался с 1 января 45 г. до н. э. В юлианском календаре три года подряд содержат по 365 сут, а каждый четвертый — 366 сут. Годы продолжительностью в 365 сут называются простыми, а в 366 — високосными. Високосными считаются те годы, номера которых делятся на 4 без остатка. В високосном году в феврале 29 дней, в простом — 28. Продолжительность года в юлианском календаре в среднем за 4 года равна 365,25 средних солнечных суток, т. е. календарный год длиннее тропического всего лишь на 0,0078 сут. Но за 128 лет расхождение — 1 сут, а за 400 лет — около 3 сут. С течением времени календарь запаздывал все больше и больше.

Весеннее равноденствие каждые 128 лет по юлианскому календарю отступало на 1 сут и в XVI в. отстало уже на 10 дней, что осложняло расчеты церковных праздников.



Календарь древних египтян.

Деревянный календарь.

Мексиканский календарь.

В связи с этим тогдашний глава католической церкви папа Григорий XIII создал специальную комиссию. Она должна была исправить календарь так, чтобы весеннее равноденствие вернулось к 21 марта и больше не отставало от этой даты.

Было решено после четверга 4 октября 1582 г. пропустить в счете 10 сут и следующий день считать пятницей 15 октября, а в будущем соблюдать «правило високосов». Согласно этому правилу, «вековые» годы, оканчивающиеся на два нуля, являются високосными только в том случае, если они делятся на 400. В противном случае, в отличие от юлианского календаря, они должны быть простыми. Так, 1600-й год — високосный, а 1700, 1800 и 1900-й — простые. Вот и получится, что за 400 лет из календаря исключается 3 сут. 2000-й год снова будет високосный.

Новая система календаря стала называться григорианским календарем или новым стилем (в отличие от юлианского календаря, который стали называть старым стилем). Григорианский календарь был введен в большинстве европейских стран в течение XVI—XVII вв.

В нашей стране на новый стиль перешли в 1918 г. В этом году по декрету Советского правительства вместо 1 февраля стали считать 14 февраля, так как расхождение юлианского и григорианского календарей к 1918 г. составило уже 13 сут.

Юлианский календарный год длиннее сол-

БИРУНИ (973—1048)



Абу Рейхан Мухаммед ибн Ахмед аль-Бируни — среднеазиатский ученый-энциклопедист. Родился в предместье города Кят, столицы древнего государства Хорезма (ныне часть Узбекистана). Живя в условиях господства мусульманской религии, враждебно относившейся к науке, он смело выступил против религиозного миропонимания. Бируни считал, что в природе все существует и изменяется по законам самой природы, а не по божественному велению. Постигнуть эти законы можно только с помощью науки. За свои передовые взгляды Бируни подвергался преследованиям и трижды вынужден был покидать родину и жить в изгнании.

Научные труды Бируни охватывают различные области знаний: астрономию и географию, математику и физику, геологию и минералогию, химию и ботанику, историю и этнографию, философию и филологию. Основные работы (свыше 40) посвящены математике и астрономии, которая имела огромное практическое значение для хозяйственной жизни Хорезма — для поливного земледелия и торговых путешествий. Важными задачами астрономии были совершенствование календаря и методов ориентирования на Земле по небесным светилам. Необходимо было уметь как можно более точно определять положения на небе Солнца, Луны, звезд, а также измерить с наибольшей возможной точностью так называемые основные астрономические постоянные — наклон эклиптики к экватору, длину солнечного и звездного года и др. А это в свою очередь требовало развития математики, в частности плоской и сферической тригонометрии, с одной стороны, и совершенствования инструментов для точных наблюдений, с другой. Результаты и достижения Бируни во всех перечисленных областях оставались непревзойденными в течение нескольких веков: самый крупный стенной квадрант — угломерный инструмент, позволявший измерять положение Солнца с точностью до 2′; самое точное определение наклона эклиптики к экватору и векового изменения этой величины; новый метод определения радиуса Земли — по степени понижения горизонта при наблюдении с горы. Бируни почти точно определил радиус Земли (более 6000 км), исходя из представления о ее шарообразной форме.

Бируни воспринял и развил прогрессивные идеи древнегреческих и древнеиндийских философов по некоторым общим проблемам астрономии: утверждал одинаковую огненную природу Солнца и звезд, в отличие от темных тел — планет; подвижность звезд и огромные их размеры по сравнению с Землей; идею тяготения. Бируни высказал обоснованные сомнения в справедливости геоцентрической системы мира Птолемея.

В самом первом своем сочинении «Хронология древних народов» (1000 г.) Бируни собрал и описал все известные в его время системы календаря, применявшиеся у различных народов мира. Астрономические исследования изложены им в «Книге истолкования основных начал астрономии» и других научных трудах.

нечного года почти на $11^1/_4$ мин, а григорианский — всего лишь на 26 с. Лишние сутки накопятся только в 50 в. н. э. Для практических надобностей большей точности и не нужно.

Начало календарного года (Новый год) — понятие условное. В прошлом в некоторых странах Новый год начинался и 25 марта, и 25 декабря, и в другие дни.

Установление 12 месяцев в году и 7 дней в неделе имеет астрономическое обоснование, но, по сути дела, также является условным и сохраняется до сих пор по традиции.

Условным является и выбор начала счета годов, т. е. установление эры. В прошлом существовало свыше 200 различных эр, связанных либо с реальными событиями (возведением на престол монархов, войнами, олимпиадами), либо с легендарными (основание Рима), а чаще всего с религиозными событиями (сотворение мира, всемирный потоп, рождение Христа и т. п.).

В Древней Руси год по языческим обычаям начинался весной, с теплых мартовских дней, когда приступали к полевым работам. С введением христианства православная церковь приняла юлианский календарь и эру от «сотворения мира» («сотворение мира» христианская церковь приурочила к 5508 г. до рождества Христова), а начало года перенесла на 1 сентября. По старинному обычаю и царь Петр I встречал Новый год (7208 от «сотворения мира») 1 сентября. Но 19 декабря 7208 г. объявили царский указ: впредь лета счислять не с 1 сентября, а с 1 января и не от «сотворения мира», а от рождества Христова.

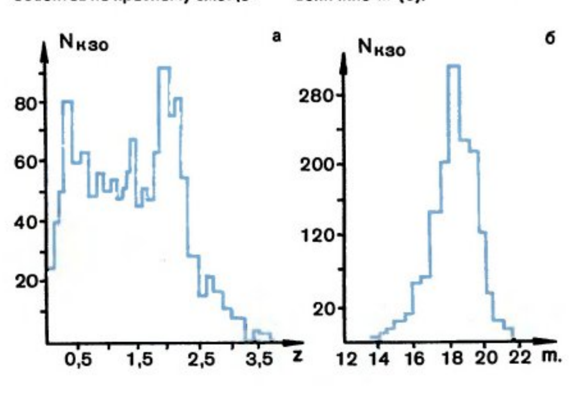
Такая система счета лет теперь принята большинством государств и называется нашей или новой эрой (н. э.).

КВАЗАРЫ

Квазарами или квазизвездными источниками в 60-х гг. XX в. назвали компактные источники космического радиоизлучения, наблюдаемые также в оптическом диапазоне в виде слабых голубых звездочек. В 1963 г. американскому астроному М. Шмидту удалось расшифровать оптический спектр квазара 3С 273, предположив, что его красное смещение Z=0,158 (см. *Расширение Вселенной*), чему соответствует расстоянию до этого объекта, в 1300 раз превышающее расстояние до ближайшей к нам галактики — *Туманности Андромеды.*

В 1965 г. было обнаружено, что существует более многочисленный, чем квазары, класс объектов, похожих на них в оптическом диапазоне, но без сильного радиоизлучения. Такие объекты получили название квазизвездных галактик или квазагов. Общее название квазаров и

Рис. 1. Распределение наблюдаемого числа квазизвездных объектов по красному смещению Z (а) и видимой звездной величине m (б).



квазагов — квазизвездные объекты.

Сейчас известны десятки тысяч объектов, которые могут быть отнесены к числу квазизвездных. Примерно для 3000 из них определены красные смещения. Ближайшие квазизвездные объекты удалены на 240 Мпс и первоначально были обнаружены как источники сильного рентгеновского излучения. Самые далекие из известных квазизвездных объектов расположены почти на границе наблюдаемой части Вселенной — *Метагалактики* (рис. 1.)

Видимый блеск квазизвездных объектов заключен в пределах от 13^m до 22^m, в то время как их абсолютные звездные величины достигают огромных значений — от -22^m до -31^m. Это значит, что по светимости квазизвездные объекты ярче обычных галактик в сотни и тысячи раз, хотя по размерам они во столько же раз меньше. Об их относительно небольших размерах свидетельствуют наблюдаемые быстрые изменения их блеска: иногда в течение одного года блеск изменяется в десятки раз (рис. 2).

В широком диапазоне длин волн темп выделения энергии у квазизвездных объектов примерно одинаков: $10^{44} \div 10^{46}$ эрг/с. За время своей жизни (около 10^7 лет) они излучают огромное количество энергии: 10^{60} — 10^{62} эрг, что соответствует энергии, выделяемой при взрывах $10^{10} \div 10^{12}$ *сверхновых звезд* (рис. 3).

Наблюдается около 30 квазизвездных объек-

Рис. 2. Кривая изменения блеска квазара 3С 345 (Z=0,6) за период с 1965 по 1983 г.

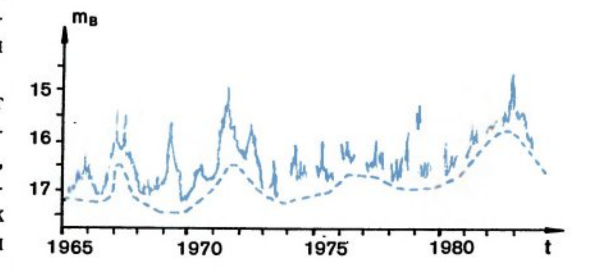


Рис. 3. Зависимость темпа энерговыделения для квазара 3С 273 от частоты (по данным разных исследователей).

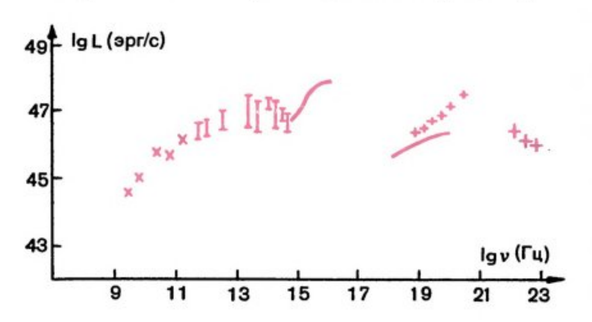
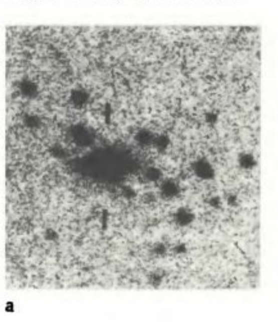
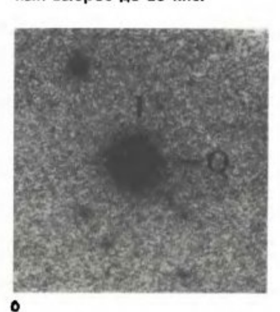


Рис. 4. Области неба вблизи квазаров: а) квазар 3С 206 — видна вытянутая галактика размером до 80 кпс; б) квазар 3С 273 — виден узкий незвездный выброс до 20 кпс.





тов 22-й звездной величины на 1 кв. градусе небесной сферы. Это примерно столько же, сколько наблюдается и галактик этой яркости. Однако в современную эпоху их пространственная плотность мала: на 10^7 куб. Мпс приходится всего лишь один объект. Галактик на такую же часть Вселенной приходится в миллионы раз больше. При этом пространственная плотность квазагов примерно в 100 раз выше по сравнению с квазарами. Квазизвездные объекты часто входят в состав групп и бедных скоплений галактик, но не наблюдаются в областях, занятых богатыми скоплениями. Вокруг всех близких квазизвездных объектов в оптическом диапазоне наблюдаются протяженные (40—100 кпс) туманности слабой поверхностной яркости, своей вытянутой структурой напоминающие взаимодействующие галактики. В этих туманностях необычно много газа и видны довольно широкие линии излучения. В некоторых случаях видны и звездные линии поглощения (рис. 4).

Анализируя все известные о квазизвездных объектах сведения, можно прийти к заключению, что они представляют собой ядра массивных галактик на одной из их эволюционных стадий — кратковременной, но очень активной. При этом квазары могут возникать только в гигантских Е-галактиках, а квазаги также и в плоских спиральных системах. Следует отметить, что активность ядер галактик на более низком уровне — явление довольно распространенное. Таковы радиогалактики, сейфертовские галактики.

Возникновение кратковременной очень активной стадии в эволюции ядра связано, по-видимому, или с эпохой его образования в молодой галактике, или с процессами сильного гравитационного взаимодействия (вплоть до слияния) галактик в тесных группах, в результате чего примерно за миллиард лет может образоваться гигантская сфероидальная система, переобогащенная газом. Вообще, как показывают наблюдения, активность ядер тесно связана с присутствием в центральных областях галактик большого количества газа, который, оседая на ядро, тем или иным способом поддерживает его активность.

КВАРЦЕВЫЕ ЧАСЫ

Кварцевые часы — прибор для точного измерения времени; ход таких часов устанавливается с помощью пластинки из минерала кварца (пьезокварцевая пластинка).

Пьезокварцевая пластинка обладает замечательным свойством. Если к граням пластинки подвести переменное электрическое напряжение, то она начнет совершать колебания с соответствующей частотой.

Если частота электрического напряжения совпадает с собственной резонансной частотой самой пластинки, то возникают стоячие упругие волны, отличающиеся высокой стабильностью. Эти колебания и используются для управления генератором электромагнитных колебаний кварцевых часов.

Принцип действия часов состоит в следующем. Высокочастотный генератор, работа которого стабилизирована пьезокварцевой пластинкой, вырабатывает электромагнитные колебания высокой частоты. Соединенный с генератором преобразователь частоты превращает эти колебания в низкочастотные, которые, в свою очередь, приводят в действие синхронный электродвигатель (двигатель, вращение которого происходит в точном соответствии с частотой питающего его тока). Синхронный же двигатель либо вращает стрелки часов, либо обеспечивает работу цифрового информационного устройства, показывающего время. В случае необходимости в систему вводится специальное приспособление для подачи в заданные моменты сигналов точного времени.

Кварцевые часы обладают высокой точностью хода: их суточная ошибка составляет тысячные или даже десятитысячные доли секунды. Для обеспечения еще более высокой точности в службах времени одновременно применяется несколько кварцевых часов.

Одна из особенностей кварцевого стабилизатора — зависимость частоты от изменений температуры. Поэтому в стационарных установках кварцевый стабилизатор помещают в

специальный термостат, внутри которого поддерживается постоянная температура с точностью до тысячных долей градуса.

На первых порах кварцевые часы представляли собой довольно громоздкие устройства. Однако с развитием современной электроники появилась возможность создания малогабаритных переносных кварцевых часов, которые с успехом применяются в морской и авиационной навигации, а также в экспедиционных условиях.

КЕПЛЕРА ЗАКОНЫ

Изучая результаты многолетних наблюдений планеты *Марс* датским астрономом *Т. Браге,* немецкий ученый *И. Кеплер* обнаружил, что орбита Марса не окружность, а имеет вытянутую форму эллипса. Как известно, у эллипса есть две точки F_1 и F_2 (рис. 1), сумма расстояний которых (r_1+r_2) от любой точки B эллипса есть величина постоянная. Прямая A_1A_2, лежащая внутри эллипса и проходящая через его фокусы, называется большой осью эллипса. Мерой сплюснутости эллипса является его эксцентриситет, равный отношению расстояния между фокусами к большой оси $e=F_1F_2 \ / \ A_1A_2$. Линия, соединяющая любую точку эллипса с одним из его фокусов, называется радиусом-вектором этой точки.

Кеплер исследовал движения всех известных в то время планет и вывел три закона движения планет.

Во-первых, орбиты всех планет (а не только Марса) являются эллипсами с общим фокусом, в котором находится *Солнце*. Степень вытянутости орбит у разных планет различная. У *Земли* эксцентриситет очень мал (всего 0,017), и орбита Земли мало отличается от окружности. Поэтому кратчайшее расстояние Земли от Солнца (в перигелии) мало отличается от наибольшего (в афелии). Наиболее вытянутые орбиты имеют *Меркурий* (экс-

ИОГАНН КЕПЛЕР (1571—1630)



Иоганн Кеплер — великий немецкий астроном и математик. Он открыл три основных закона движения планет, изобрел оптическую систему, применяемую, в частности, в современных рефракторах, подготовил создание дифференциального, интегрального и вариационного исчисления в математике.

Иоганн Кеплер родился в городе Вейль-дер-Штадт на юге Германии в бедной протестантской семье. После обучения в монастырской школе в 1589 г. поступил в духовную семинарию при Тюбингенской академии (позднее — университет). В эти годы он познакомился с гелиоцентрической системой Н. Коперника. По окончании академии в 1593 г. Кеплер, обвиненный в свободомыслии, не был допущен к богословской карьере и получил должность школьного учителя математики. В 1600 г. он приехал в Прагу к знаменитому астроному Т. Браге, после смерти которого получил материалы его многочисленных наблюдений.

Кеплер написал много научных трудов и статей. Важнейшее его сочинение — «Новая астрономия» (1609), посвященная изучению движения Марса по наблюдениям Т. Браге и содержащая первые два закона движения планет (см. *Кеплера законы*). В сочинении «Гармония Мира» (1619) Кеплер сформулировал третий закон, объединяющий теорию движения всех планет в стройное целое. Солнце, занимая один из фокусов эллиптической орбиты планеты, является, по Кеплеру, источником силы, движущей планеты. Он высказал справедливые догадки о существовании между небесными телами тяготения и объяснил приливы и отливы земных океанов воздействием Луны. Составленные Кеплером на основе наблюдений Браге «Рудольфовы таблицы» (1627) давали возможность вычислять для любого момента времени положение планет с высокой для той эпохи точностью. В работе «Сокращение коперниковой астрономии» (1618—1622) Кеплер изложил теорию и способы предсказания солнечных и лунных затмений. Его исследования по оптике (проблемы преломления света, астрономической рефракции, разработка теории зрительных труб) изложены в сочинениях «Дополнение к Виттело» (1604) и «Диоптрики» (1611). Замечательные математические способности Кеплера проявились, в частности, в выводе формул для определения объемов многих тел вращения. Рукописи Кеплера были приобретены Петербургской академией наук и хранятся сейчас в СССР, в Ленинграде.

Рис. 1. Орбиты планет имеют форму эллипса.

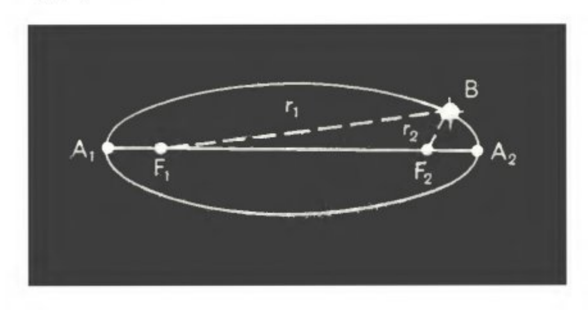
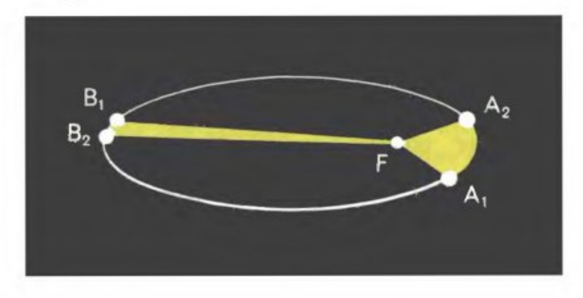


Рис. 2. Радиус-вектор планеты за одинаковые промежутки времени описывает равные площади.



центриситет 0,21) и *Плутон* (эксцентриситет 0,25).

Во-вторых, каждая планета по своей орбите движется таким образом, что ее радиус-вектор за одинаковые промежутки времени описывает равные площади (площади секторов A_1A_2F и B_1B_2F на рис. 2 равны). Это значит, что чем ближе планета к Солнцу, тем у нее больше скорость движения по орбите. Например, Марс вблизи перигелия движется со скоростью 26,5 км/с, а около афелия его скорость уменьшается до 22 км/с. Кометы, являясь членами *Солнечной системы,* движутся по тем же законам, что и планеты, но у некоторых из них орбиты настолько вытянуты, что вблизи Солнца скорость их движения доходит до 500 км/с, а в афелии их скорость снижается до 1 см/с.

Первые два закона движения планет Солнечной системы Кеплер опубликовал в 1609 г. Спустя десять лет он обнаружил третью закономерность в движении планет и сформулировал ее так: отношение кубов больших полуосей орбит двух любых планет Солнечной системы равно отношению квадратов периодов их обращения вокруг Солнца. Этот закон имел большое значение для определения масштабов Солнечной системы, т. е. расстояний планет от Солнца. Если за единицу времени принять один год, а за единицу расстояния — среднее расстояние Земли от Солнца (астрономическую единицу), то, определив из наблюдений период обращения какой-либо планеты в годах (T), легко получить значение большой полуоси этой планеты (a) по формуле

$$a = \sqrt[3]{T^2}.$$

Например, период обращения Марса по наблюдениям равен 1,88 года. Тогда по этой формуле можно вычислить большую полуось орбиты Марса, которая оказывается равной 1,52 а. е. Таким образом, Марс примерно в полтора раза дальше от Солнца, чем Земля.

Установленные Кеплером законы движения планет еще раз наглядно показывают, что мир планет есть стройная система, управляемая единой силой, источником которой является Солнце.

КОМЕТЫ

Кометы — тела *Солнечной системы,* имеющие вид туманных объектов, обычно со светлым сгустком-ядром в центре и хвостом. Они принадлежат к числу наиболее красивых небесных тел. Светлые туманные оболочки, окружающие небольшое ядро, длинный хвост, тянущийся иногда на полнеба, быстрое движение среди звезд — все это делает комету непохожей на остальные небесные светила. Кометы могут наблюдаться тогда, когда небольшое ледяное тело, называемое ядром кометы, приближается к Солнцу на расстояние, меньшее 4—5 а. е., прогревается его лучами и из него начинают выделяться газы и пыль, которые видны в результате их освещения Солнцем.

Газы и пыль, выделяющиеся из ядра, создают вокруг него туманные оболочки — атмосферу кометы, составляющую вместе с ядром голову кометы. Атмосфера кометы непрерывно рассеивается в межпланетное пространство: под действием светового давления и взаимодействия с *солнечным ветром* газы и пыль уносятся в направлении от Солнца, образуя хвосты комет.

У большинства комет в середине головы наблюдается яркое звездообразное «ядро», представляющее собой свечение центральной, наиболее плотной зоны газов вокруг истинного ядра кометы. Голова кометы и ее хвост не имеют резких очертаний. Их видимые размеры зависят от интенсивности выделения газов и пыли из ядра, определяемой размерами ядра и его близостью к Солнцу, а с другой стороны, от обстоятельств наблюдений; в первую очередь от яркости фона неба. Время от времени та или иная комета сближается с какой-либо массивной планетой, и это приводит к резкому изменению ее орбиты.

Поперечник головы кометы обычно составляет десятки и сотни тысяч километров, но, например, у кометы 1680 г. и у яркой кометы

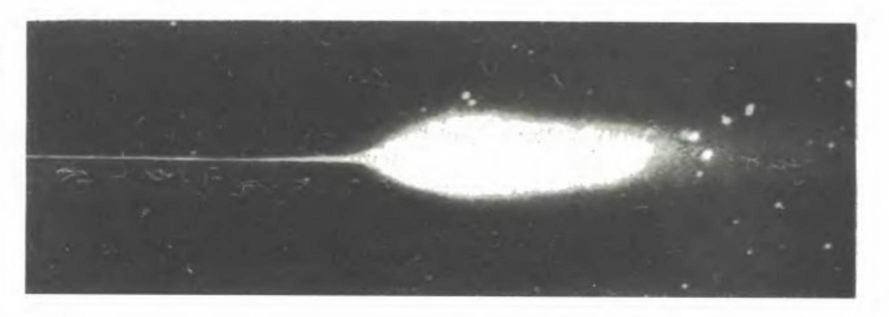
Появление кометы. Со старинной гравюры.

1811 г. он превышал миллион километров, т. е. был почти равен поперечнику Солнца. Вдоль хвоста кометы яркость уменьшается постепенно, и потому длина видимой части хвоста — до того места, где он сливается с фоном неба, — зависит от черноты неба, от применяемого телескопа и других причин. Обычно длина видимой части хвоста составляет миллионы и десятки миллионов километров. Но у яркой кометы 1680 г., имевшей гигантскую голову, хвост был виден на протяжении 300 млн. км, т. е. его длина была вдвое больше расстояния от Земли до Солнца.

Наблюдения ярких комет позволили астрономам накопить ценные данные о кометных хвостах, послужившие основой для изучения их природы.

Как показали спектроскопические наблюдения, свечение оболочек головы и хвоста кометы создается главным образом газовыми молекулами и пылью. Голова и хвост кометы совершенно прозрачны. Когда комета оказывается между Землей и какой-либо звездой, свет звезды доходит до нас без заметного ослабления. Значит, газы и пыль в кометах чрезвычайно разрежены.

Согласно классификации, предложенной в 70-х гг. XIX в. русским астрономом *Ф. А. Бредихиным,* все кометные хвосты подразделяются на три типа: хвосты I типа направлены прямо от Солнца; хвосты II типа изогнуты и отклоняются назад по отношению к орбитальному движению кометы; хвосты III типа почти прямые, но заметно отклоняются назад. При некоторых взаимных положениях Солнца, кометы и Земли хвосты II и III типов кажутся зем-



Комета Аренда — Ролана. Виден тонкий аномальный хвост, направленный на небе в сторону Солнца (влево).

Комета Мркоса.



ному наблюдателю направленными к Солнцу, т. е. образуют так называемые аномальные хвосты. Современные исследования позволили установить, что хвосты I типа — плазменные, имеют струйчатую структуру и состоят из ионизованных молекул, которые с большим ускорением уносятся прочь от ядра вследствие электромагнитного взаимодействия с солнечным ветром. Хвосты II типа образованы пылевыми частицами разной величины, непрерывно выделяющимися из ядра. Хвосты III типа появляются в том случае, когда из ядра одновременно выделяется целое облако пылинок. Пылинки разной величины получают различное ускорение под действием светового давления, и потому такое облако растягивается в полосу — хвост кометы. Изредка наблюдается прямой натриевый хвост, направленный приблизительно вдоль плазменного хвоста (хвоста I типа). Нейтральные молекулы, присутствующие в голове кометы, приобретают под действием светового давления приблизительно такие же ускорения, как и пылевые частицы, и потому должны двигаться в направлении хвоста II типа. Однако время их жизни до ионизации и диссоциации солнечным излучением всего несколько часов, и они не успевают продвинуться далеко в хвост II типа. Иногда их удается заметить в большом количестве в начальном отрезке хвоста.

Около 1950 г. удалось установить, что ядра комет — это сравнительно небольшие ледяные тела, состоящие из замерзших газов, перемешанных с некоторым количеством нелетучих каменистых веществ. Поперечники ядер бывают обычно от нескольких сотен метров до нескольких километров, и поэтому ядра не видны.

Когда комета подходит ближе к Солнцу и испарение усиливается, то становятся видны туманные оболочки головы кометы, а иногда и разреженный поток газов, отгоняемый прочь от ядра отталкивательным действием Солнца. Вместе с газом ядро покидают и пылинки из нелетучих каменистых веществ. Такие потоки газа и пыли образуют один или несколько хвостов кометы.

Не только пылинки, но также и более крупные частицы покидают ядро, увлекаемые потоком испаряющихся газов. Кометные ядра столь малы, что сила тяжести на их поверхности в десятки тысяч раз меньше, чем на Земле.

Свечение газов в кометах — это переизлучение солнечного света, причем переизлучаются лишь лучи определенных длин волн, характерных для данной молекулы.

Как показывает изучение спектров, почти



Комета Галлея.

у всех комет излучение головы порождается нейтральными молекулами, состоящими из 2 или 3 атомов. В 70-х годах было установлено присутствие в кометах атомарного кислорода, водорода и углерода. В 1974 г. впервые удалось обнаружить радиоизлучение кометных молекул.

Кометы являются членами Солнечной системы. Они движутся вокруг Солнца по вытянутым эллиптическим орбитам различных размеров, как угодно ориентированным в пространстве. Известно около 100 периодических и короткопериодических комет, которые через несколько лет или десятков лет приближаются к Солнцу, растрачивая при этом каждый раз некоторую часть своего ядра.

Существование периодических комет было установлено в конце XVII в. английским астро-

ФЕДОР АЛЕКСАНДРОВИЧ БРЕДИХИН (1831—1904)



Федор Александрович Бредихин — русский астроном, академик Петербургской академии наук (с 1890 г.). Родился в городе Николаеве в семье морского офицера. В 1855 г. окончил Московский университет, затем преподавал там астрономию.

Исследования Бредихина охватывают все основные разделы астрономии того времени. В области астрометрии он проводил наблюдения на меридианном круге и с исключительной точностью определял положения малых планет. В области астрофизики он изучал поверхности Солнца и планет, спектры комет и туманностей. Начатые в 60-е гг. исследования комет Бредихин продолжал до конца своей жизни. Он разработал первую механическую теорию движения вещества в хвостах комет. Все наблюдавшиеся в кометных хвостах явления он объяснял воздействием на вещество двух сил: силы тяготения, направленной к Солнцу, и светового давления, действующего в противоположном направлении. Бредихин развил теорию образования метеорных потоков в результате распада ядра кометы.

С 1873 по 1890 г. Бредихин возглавлял Московскую астрономическую университетскую обсерваторию, а после избрания его членом Петербургской академии наук — Пулковскую обсерваторию (1890—1895). Под его руководством в Пулкове расширилась программа как астрометрических, так и астрофизических исследований, были установлены новые инструменты.

Бредихин был членом многих отечественных и зарубежных научных обществ.

В 1946 г. Президиум АН СССР учредил премию им. Ф. А. Бредихина за выдающиеся работы в области астрономии.

номом Э. Галлеем, который вычислил орбиты комет, наблюдавшихся в 1531, 1607 и 1682 гг., и обнаружил их удивительное сходство. В дальнейшем подтвердилось, что это были различные приближения к Солнцу одной и той же кометы, получившей название кометы Галлея. Она возвращается к Солнцу с периодом около 76 лет.

Большинство комет имеют орбиты, в тысячи раз большие поперечника планетной системы. Они приближаются к Солнцу через промежутки времени в миллионы лет. Поэтому, в отличие от короткопериодических комет, предсказать их появление невозможно. У таких комет, когда они находятся очень далеко от Солнца, орбиты меняются под действием притяжения ближайших звезд. В то же время у всех комет при их движении в области, занятой планетами, орбиты изменяются под действием планетных притяжений. Изменения бывают особенно велики при тесных сближениях комет с планетами-гигантами. Изредка должны происходить столкновения кометы с планетами. Часть кратеров на Земле и Луне, Меркурии и Марсе образовалась в результате ударов ядер комет.

Большинство комет открывается в настоящее время по фотографиям. Бывают случаи, когда их открывают при наблюдении неба невооруженным глазом. Но невооруженным глазом они хорошо видны только тогда, когда подходят сравнительно близко к Солнцу. Комету называют по фамилии человека, ее открывшего, реже — по фамилии астронома, много ее изучавшего.

Очередное приближение кометы Галлея к Солнцу в апреле 1986 г. Но уже в конце 1983 г. удалось ее обнаружить при помощи чувствительной аппаратуры. В то время она была еще на огромном расстоянии от Солнца. Кроме разносторонних наблюдений кометы Галлея из различных обсерваторий на встречу с ней бы-

ПОИСКИ КОМЕТ

Прежде чем приступить к поискам комет, нужно хорошо изучить звездное небо и уверенно ориентироваться на нем. Особенно важно знать расположение на небе галактик, звездных скоплений, диффузных туманностей, которые по внешнему виду напоминают слабые кометы. Изучать небо следует по достаточно подробному атласу звездного неба.

Для поисков комет удобно пользоваться биноклями типа БП или БШ, которые позволяют в безлунную ночь наблюдать небесные объекты до 9,0 звездной величины и имеют поле зрения $5°\div10°$ (в зависимости от типа бинокля). Бинокль следует укрепить на азимутальном штативе и снабдить его кругами отсчета азимута и высоты.

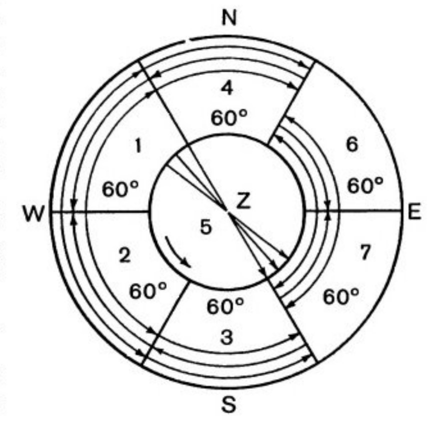
Наблюдения следует вести систематически, например, по следующей схеме. Все небо нужно разбить на секторы (см. рис.). Осматривая первый сектор, медленно перемещайте бинокль вдоль горизонта слева направо. В поле зрения будут появляться туманные объекты, но если вы хорошо знаете звездное небо, то вы легко их распознаете. Дойдя до границы сектора, поднимите бинокль на половину его поля зрения по высоте и продолжайте осмотр сектора в обратном направлении вплоть до его левой границы и т. д. Этот процесс называется сканированием. Очевидно, чем больше поле зрения вашего инструмента, тем меньше полосок сканирования будет в каждом секторе.



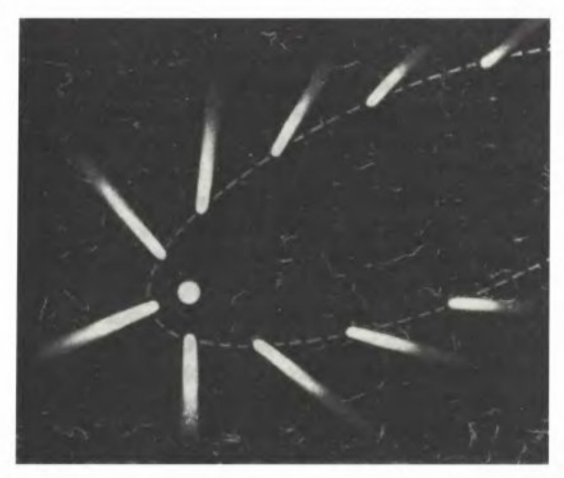
Затем переходите к второму, третьему секторам, как указано на рисунке.

Просмотрев первый — четвертый секторы, переходите к пятому, а затем к шестому и седьмому. Наблюдения в первых четырех секторах ведите от горизонта до высоты 50°, наблюдать начинайте через полчаса после захода Солнца. Просмотр шестого и седьмого секторов проводите от высоты 50° до горизонта. Наблюдения начинайте за 2,5—3 ч до восхода Солнца. Наблюдения этих секторов особенно важны: здесь наиболее вероятно обнаружить новую комету.

Если вы обнаружите туманный объект, которого нет в атласе звездного неба, проследите, перемещается ли он среди звезд. При 10-кратном увеличении смещение кометы можно обнаружить через 2—3 ч. В случае обнаружения кометы дайте телеграмму в адрес Государственного астрономического института им. П. К. Штернберга (Москва, 117 234, Университетский пр., 13) и дальнейшие наблюдения кометы ведите в соответствии с инструкцией, которая приведена, например, в книге В. П. Цесевича «Что и как наблюдать на небе».



Вид и направление хвоста кометы изменяются при движении ее по орбите.



ли посланы пять космических аппаратов, которые должны пролететь вблизи кометы и передать на Землю сведения о ее структуре и составе. Два из этих космических аппаратов разработаны в Советском Союзе по проекту «Венера — комета Галлея». По этому проекту космические аппараты сначала были направлены к Венере, под действием ее тяготения изменили свою орбиту и полетели в сторону приближающейся к Солнцу кометы Галлея.

КОНФИГУРАЦИИ

Конфигурации — характерные положения планет *Солнечной системы* на их орбитах по отношению к *Солнцу* и *Земле*. Они различны для нижних (иногда их называют внутренними) планет, которые находятся к Солнцу ближе Земли (*Меркурий, Венера*), и для верхних (внешних), орбиты которых расположены за орбитой Земли (остальные планеты).

Рассмотрим схему движения нижней (внутренней) планеты, считая для простоты, что она движется в той же плоскости, что и Земля. Момент, в который нижняя планета пересекает прямую, соединяющую центры Солнца и Земли, называется ее нижним соединением. Вблизи нижнего соединения планета видна в форме узкого серпа. Непосредственно же в момент нижнего соединения планета не видна, поскольку обращена к Земле своим не освещенным Солнцем полушарием. Однако в это время может наступить явление прохождения планеты по диску Солнца, когда планеты — Венера или Меркурий — могут наблюдаться в виде черного кружочка, движущегося по солнечному диску.

Продолжая двигаться по орбите, нижняя планета для земного наблюдателя достигает некоторого наибольшего углового удаления от Солнца, после чего снова начинает к нему приближаться. Положение наибольшего углового удаления называется элонгацией. Меркурий в элонгации наблюдается на расстоянии около 28°, Венера — около 48° от Солнца.

Различают элонгации восточные, когда планета наблюдается вечером после захода Солнца, и западные, когда она видна под утро, до его восхода.

Момент прохождения нижней планеты строго за Солнцем называется верхним соединением. Вблизи верхнего соединения планета наблюдается в виде полного диска.

Для верхних (внешних) планет различают моменты противостояния, западной и восточной квадратур и соединения. В противостоянии верхняя планета видна в противоположной от Солнца стороне неба, в то время как расстояние между нею и Землей наименьшее. Этот период наиболее благоприятен для астрономических наблюдений ее поверхности. В квадратурах угол между направлениями на планету и на Солнце составляет 90°. В соединении верхняя планета, точно так же как и нижняя, уходит за диск Солнца и теряется в его лучах. В этот период расстояние от Земли до планеты наибольшее.

Луна в своем обращении вокруг Земли оказывается то между Солнцем и Землей, подобно нижней планете, то дальше от Солнца, подобно верхней планете. Поэтому применительно к Луне астрономы чаще пользуются специальной терминологией (см. *Фазы Луны и планет*), хотя, по существу, момент новолуния аналогичен нижнему соединению, момент полнолуния — противостоянию и т. д.

Схема конфигураций планет.



КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ МАШИНА

Координатно-измерительная машина — лабораторный прибор для точных измерений положения изображений небесных светил на фотографиях звездного неба. Точность измерения координат на координатно-измерительных машинах достигла ±0,5 мкм.

Основные части координатно-измерительных машин: предметный столик, на котором закрепляется фотография; измерительный микроскоп с сеткой нитей, служащий для наведения на изображение объекта; точные разделенные шкалы или микрометренные винты, по которым производится отсчет координат измеряемого объекта.

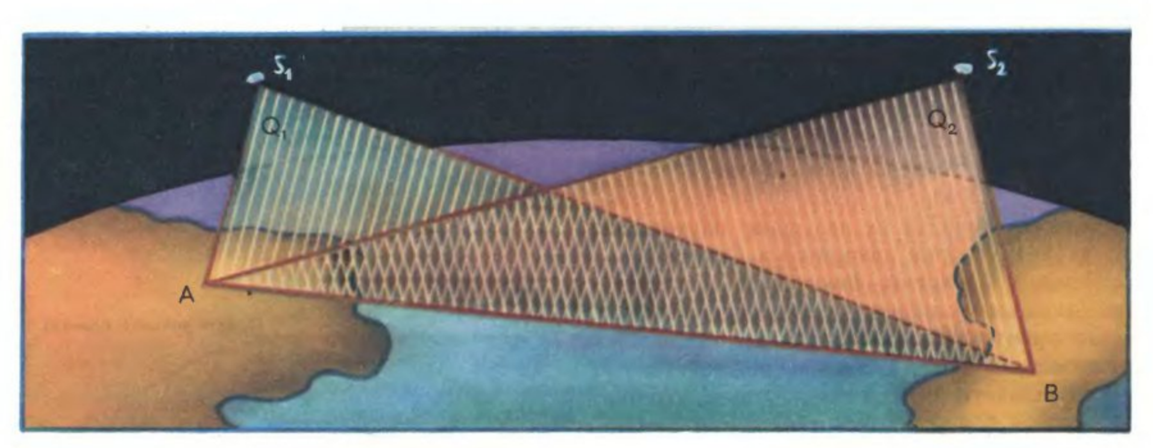
В 60-х гг. XX в. созданы полуавтоматические машины: наведение на измеряемый объект осуществляет оператор, а отсчет шкал прочитывается и регистрируется на перфоленте или перфокартах и печатается на бумаге электронным устройством. Появились измерительные автоматы, которые объединяют в одном комплексе координатно-измерительную машину, фотометр и электронную вычислительную машину (ЭВМ). Роль человека при работе на таком автомате сводится только к установке измеряемой фотографии и введению программы в электронную вычислительную машину.

КОСМИЧЕСКАЯ ГЕОДЕЗИЯ

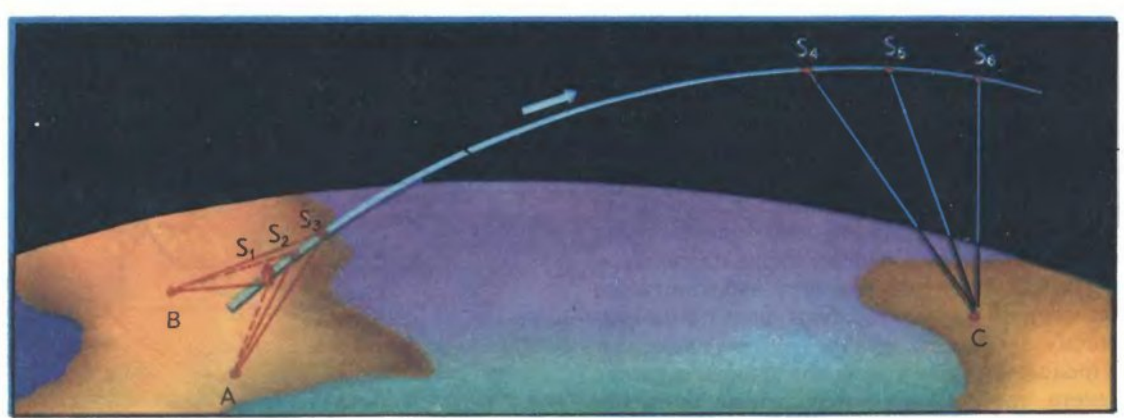
Космическая геодезия — раздел геодезии, в котором изучаются методы определения взаимного положения точек на земной поверхности, размеров и фигуры Земли, параметров ее гравитационного поля на основе наблюдений солнечных затмений и покрытий звезд Луной, а также наблюдений *искусственных спутников* Земли и аэростатов (баллонов) с импульсными источниками света, поднимаемых на высоту 20—30 км.

Наибольшее распространение в 60—70 гг. XX в. получила спутниковая геодезия.

Наблюдения спутников с помощью специальных спутниковых фотографических камер из пунктов, расположенных далеко друг от друга, в разных странах и даже на разных материках, дают возможность вычислить расстояние между этими пунктами, определить их взаимное положение на земной поверхности. Таким путем можно осуществить, например, геодезическую привязку того или иного острова к сети координат, установленной на материке. Наблюдения, выполняемые в течение мно-



Одновременные наблюдения спутников с двух станций позволяют определить направление линии AB, соединяющей эти станции.



Уточнив орбиту спутника по наблюдениям со станций A и B, орбитальным методом можно вычислить координаты станции C.

гих лет со станций, расположенных на разных материках, позволяют выявлять изменения расстояний между станциями и изучать таким образом закономерности движения материков.

Задачи спутниковой геодезии подразделяются на геометрические и динамические. Геометрические задачи решаются на основе одновременных (синхронных) наблюдений спутников с двух или более станций. В результате решения этих задач строятся сети космической триангуляции, подобные сетям триангуляции, создаваемым классическими (наземными) методами. Однако если в наземных сетях стороны треугольников обычно не превышают 20—30 км (расстояния между соседними геодезическими знаками — вышками), то в космической триангуляции они могут достигать нескольких тысяч километров.

В процессе решения динамических задач по изменениям орбит искусственных спутников исследуется строение гравитационного поля Земли, что позволяет также судить и о строении самой Земли.

Наряду с фотографическими камерами в спутниковой геодезии все более широкое применение находят *лазерные спутниковые дальномеры,* позволяющие с высокой точностью измерять расстояния до спутников.

КОСМИЧЕСКАЯ НАВИГАЦИЯ

Космическая навигация — управление движением космического аппарата; в более узком значении навигационная задача заключается в определении местоположения космического аппарата и прогнозировании его движения.

Для целей космической навигации используют измерительные приборы и электронные вычислительные машины, установленные на борту космического аппарата, а также наблюдения аппарата с Земли. В решении задач навигации может участвовать и космонавт.

Метод инерциальной навигации основан на механических явлениях, регистрируемых бортовыми чувствительными приборами — акселерометрами. Они измеряют ускорение аппарата под влиянием силы тяги, сопротивления среды и др. Эти сведения передаются вычислительному устройству, которое определяет в любой момент времени координаты и скорость аппарата. При этом во внимание принимаются и сведения о силах тяготения, влияющих на движение аппарата, которые акселерометры измерить не могут.

Метод радионавигации позволяет определить с помощью наземного радиолокатора: направление на космический аппарат, расстояние до него (по времени прохождения туда и обратно сигнала, посланного радиолокатором и возвращенного обратно прибором-ответчиком) и *лучевую скорость.*

Метод астрономической навигации используется главным образом в дальних космических полетах. Он основан на наблюдениях светил на *небесной сфере* и во многом сходен с методом, используемым штурманами морских кораблей и самолетов. С помощью оптических приборов измеряются угловые расстояния между планетой и какой-либо из ярких неподвижных звезд, между планетой и Солнцем, между Солнцем и звездой. Вблизи планеты положение аппарата определяется по угловому расстоянию между звездой и краем видимого диска планеты или каким-либо ориентиром на ней, по моменту затмения планетой звезды или захода Солнца. Измерение углового диаметра планеты позволяет определить расстояние до нее. В окрестности Земли важную роль играют наблюдения Луны.

КОСМИЧЕСКИЕ КОРАБЛИ

Космические корабли (КК) — космические летательные аппараты, предназначенные для полета людей — *космонавтов.*

Первый полет в космос на космическом корабле «Восток» совершил 12 апреля 1961 г. советский летчик-космонавт *Ю. А. Гагарин.* Масса КК «Восток» вместе с космонавтом — 4725 кг, максимальная высота полета над Землей — 327 км. Полет Юрия Гагарина продолжался всего 108 мин, но он имел историческое значение: было доказано, что человек может жить и работать в космосе. «Он всех нас позвал в космос», — сказал о Юрии Гагарине американский космонавт Нейл Армстронг.

КК запускаются либо с самостоятельной целью (проведение научно-технических исследований и экспериментов, наблюдения из космоса Земли и природных явлений в окружающем пространстве, испытания и отработка новых систем и оборудования), либо с целью доставки экипажей на *орбитальные станции.*

КК создают и запускают СССР и США.

Всего до 1 января 1986 г. было осуществлено 112 полетов КК различных типов с экипажами: 58 полетов советских КК и 54 американских. В этих полетах использовались 93 КК (58 советских и 35 американских). На них совершили полеты в космос 195 человек — 60 советских и 116 американских космонавтов, а также по одному космонавту из Чехословакии, Польши, ГДР, Болгарии, Венгрии, Вьетнама, Кубы, Монголии, Румынии, Франции и Индии, которые совершили полеты в составе международных экипажей на советских КК

Первый в мире космонавт
Ю. А. Гагарин.



«Союз» и орбитальных станциях «Салют», три космонавта из ФРГ и по одному космонавту из Канады, Франции, Саудовской Аравии, Нидерландов и Мексики, которые совершили полеты на американских КК многоразового использования «Спейс Шаттл».

В отличие от автоматических космических летательных аппаратов каждый космический корабль имеет три основных обязательных элемента: герметический отсек с системой жизнеобеспечения, в котором живет и работает в космосе экипаж; спускаемый аппарат для возвращения экипажа на Землю; системы ориентации, управления и двигательную установку для изменения орбиты и схода с нее перед посадкой (последний элемент характерен для многих автоматических ИСЗ и АМС).

Система жизнеобеспечения создает и поддерживает в герметическом отсеке условия, необходимые для жизни и деятельности человека: искусственную газовую среду (воздух) определенного химического состава, с определенными давлением, температурой, влажностью; удовлетворяет потребности экипажа в кислороде, пище, воде; удаляет отходы жизнедеятельности человека (например, поглощает выдыхаемый человеком углекислый газ). При кратковременных полетах запасы кислорода могут храниться на борту КК, при длительных кислород может получаться, например, путем электролиза воды или разложения углекислого газа.

Спускаемые аппараты для возвращения экипажа на Землю используют парашютные системы для уменьшения скорости снижения перед посадкой. Спускаемые аппараты американских КК совершают посадку на водную поверхность, советских КК — на твердую земную поверхность. Поэтому спускаемые аппараты КК «Союз» дополнительно имеют двигатели мягкой посадки, срабатывающие непосредственно у поверхности и резко снижающие скорость посадки. Спускаемые аппараты имеют также мощные наружные теплозащитные экраны, так как при входе в плотные слои атмосферы с большими скоростями их внешние поверхности из-за трения о воздух нагреваются до очень высоких температур.

Космические корабли СССР: «Восток», «Восход» и «Союз». Выдающаяся роль в их создании принадлежит академику С. П. Королеву. На этих космических кораблях были совершены замечательные полеты, ставшие этапными в развитии космонавтики. На КК «Восток-3» и «Восток-4» космонавты А. Г. Николаев и П. Р. Попович выполнили впервые групповой полет. КК «Восток-6» поднял в космос первую женщину-космонавта В. В. Терешкову. Из корабля «Восход-2», пилотируемого П. И. Беляевым, космонавт А. А. Леонов впервые в мире совершил выход в открытый космос в специальном скафандре. Первая экспериментальная орбитальная станция на орбите спутника Земли была создана путем стыковки кораблей «Союз-4» и «Союз-5», пилотируемых космонавтами В. А. Шаталовым и Б. В. Волыновым, А. С. Елисеевым, Е. В. Хруновым. А. С. Елисеев и Е. В. Хрунов вышли в открытый космос и перешли в корабль «Союз-4». Многие корабли «Союз» использовались для доставки экипажей на орбитальные станции «Салют».

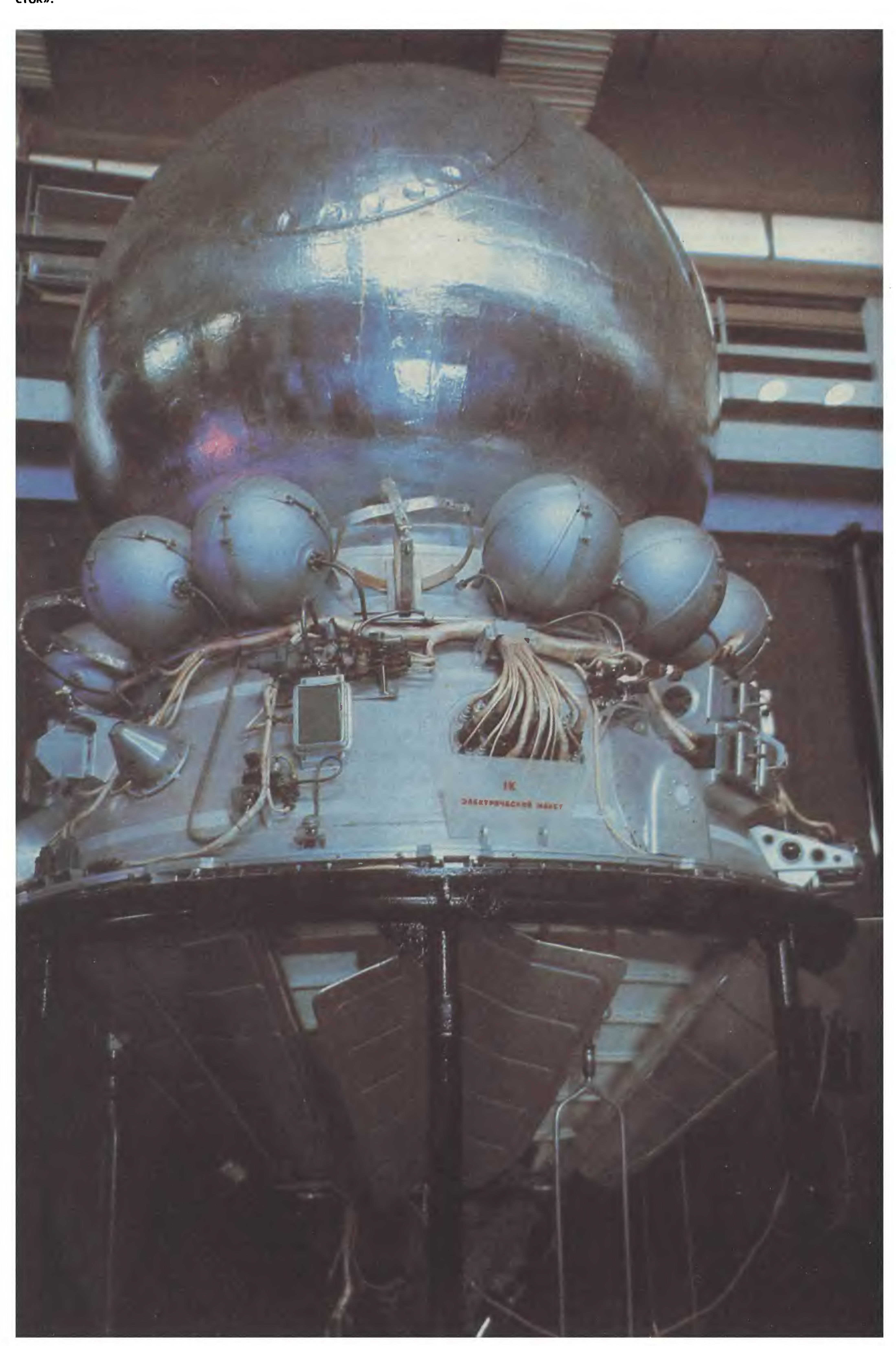
КК «Союз» — наиболее совершенные пилотируемые космические аппараты, созданные в СССР. Они предназначены для выполнения широкого круга задач в околоземном космическом пространстве: обслуживания орбитальных станций, изучения воздействия условий длительного космического полета на организм человека, проведения экспериментов в интересах науки и народного хозяйства, испытаний новой космической техники. Масса КК «Союз» — 6800 кг, максимальная длина — 7,5 м, максимальный диаметр — 2,72 м, размах панелей с солнечными батареями — 8,37 м, общий объем жилых помещений — 10 $м^3$. Корабль состоит из трех отсеков: спускаемого аппарата, орбитального отсека и приборно-агрегатного отсека.

В спускаемом аппарате экипаж находится на участке выведения корабля на орбиту, при управлении кораблем в полете по орбите, при возвращении на Землю. Орбитальный отсек — лаборатория, в которой космонавты проводят научные исследования и наблюдения, занимаются физическими упражнениями, питаются и отдыхают. В этом отсеке оборудованы места для работы, отдыха и сна космонавтов. Орбитальный отсек можно использовать в качестве шлюзовой камеры для выхода космонавтов в открытый космос. В приборно-агрегатном отсеке размещается основная бортовая аппаратура и двигательные установки корабля. Часть отсека герметична. Внутри ее поддерживаются условия, необходимые для нормального функционирования системы терморегулирования, энергопитания, аппаратуры радиосвязи и телеметрии, приборов системы ориентации и управления движением. В негерметичной части отсека смонтирована жидкостная реактивная двигательная установка, которая используется для маневрирования КК на орбите, а также для схода корабля с орбиты. Она состоит из двух двигателей тягой по 400 кг каждый. В зависимости от программы полета и заправки топливом двигательной установки КК «Союз» может совершать маневры по высоте до 1300 км.

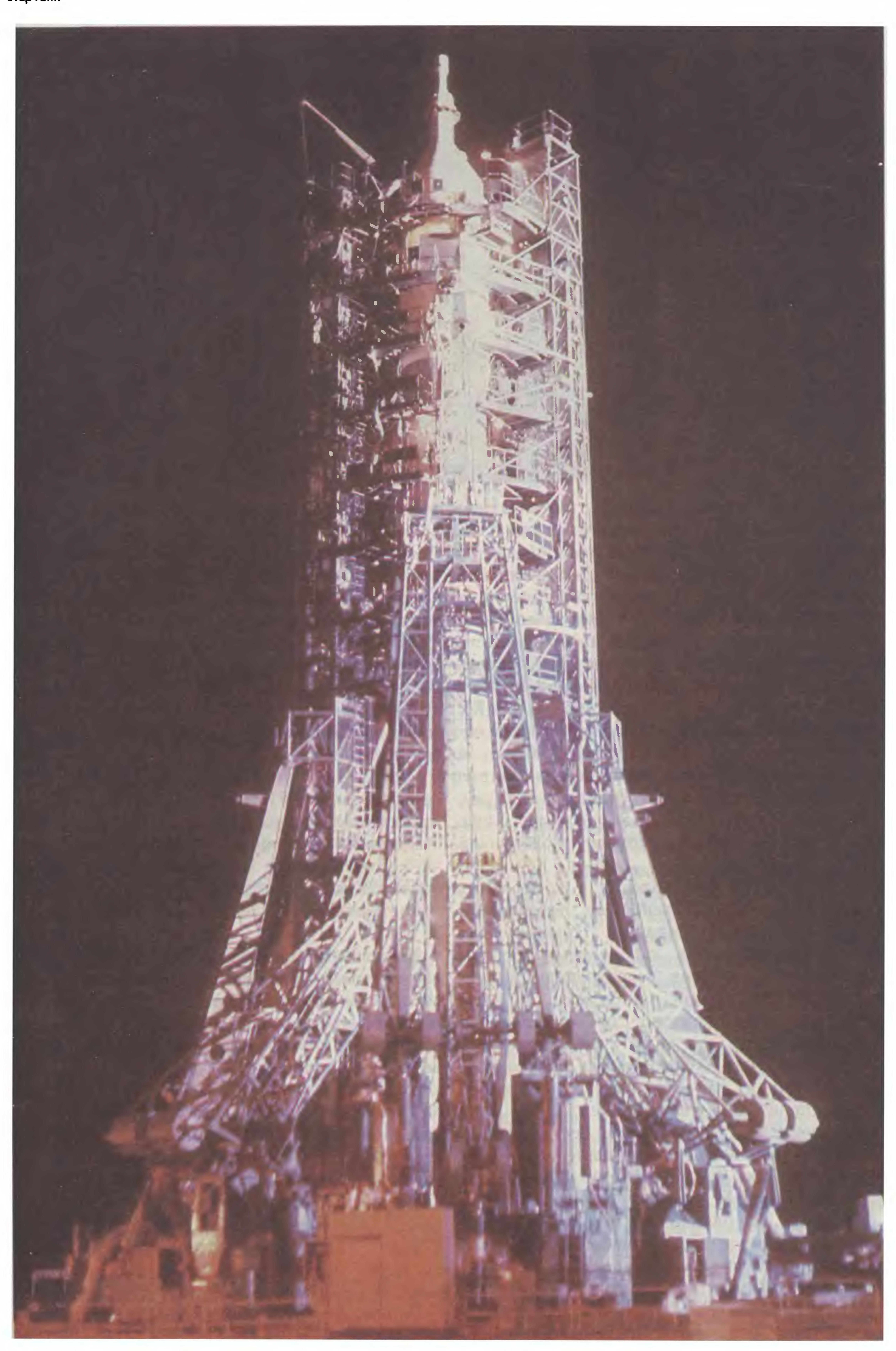
До 1 января 1986 г. были запущены 54 КК типа «Союз» и его усовершенствованного варианта «Союз Т» (из них 3 — без экипажа).

Космические корабли США: одноместные «Меркурий» (было запущено 6 КК), двух-

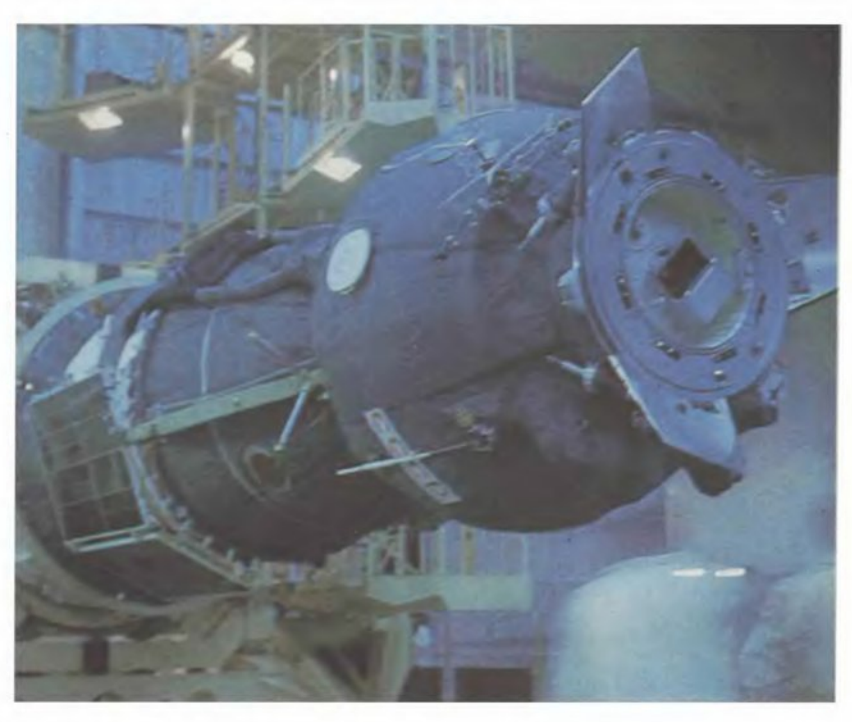
Космический корабль «Восток».



Ракета-носитель с космическим кораблем «Союз-15» перед стартом.



Космический корабль «Союз-19».



местные «Джемини» (10 КК), трехместные «Аполлон» (15 КК) и многоместные КК многоразового использования, созданные по программе «Спейс Шаттл». Наибольший успех был достигнут американской космонавтикой с помощью КК «Аполлон», предназначенных для доставки экспедиций на Луну. Всего было предпринято 7 таких экспедиций, из них 6 были успешными. Первая экспедиция на Луну состоялась 16—24 июля 1969 г. на КК «Аполлон-11», пилотируемом экипажем в составе космонавтов Н. Армстронга, Э. Олдрина и М. Коллинза. 20 июля Армстронг и Олдрин в лунном отсеке корабля высадились на Луну, в то время как Коллинз в основном блоке «Аполлона» совершал полет по окололунной орбите. Лунный отсек пробыл на Луне 21 ч 36 мин, из них более 2 ч космонавты находились непосредственно на поверхности Луны. Затем они стартовали с Луны в лунном отсеке, состыковались с основным блоком «Аполлона» и, сбросив использованный лунный отсек, взяли курс на Землю. 24 июля экспедиция благополучно приводнилась в Тихом океане.

Третья по счету экспедиция на Луну оказалась неудачной: на пути к Луне с «Аполлоном-13» произошла авария, высадка на Луну была отменена. Обогнув наш естественный спутник и преодолев колоссальные трудности, космонавты Дж. Ловелл, Ф. Хейс и Дж. Суиджерт вернулись на Землю.

На Луне американские космонавты вели научные наблюдения, разместили приборы, которые работали после их отлета с Луны, доставили на Землю образцы лунного грунта.

В начале 80-х гг. в США был создан КК нового типа — космический корабль многоразового использования «Спейс Шаттл» («Космический челнок»). Конструктивно космическая транспортная система «Спейс Шаттл» представляет собой орбитальную ступень — самолет с тремя жидкостными ракетными двигателями (ракетоплан), — крепящуюся к наружному подвесному топливному баку с двумя твердотопливными ускорителями. Подобно обычным ракетам-носителям корабли «Спейс Шаттл» стартуют вертикально (стартовый вес системы — 2040 т). Топливный бак после использования отделяется и сгорает в атмосфере, ускорители после отделения приводняются в Атлантическом океане и могут использоваться повторно.

Стартовый вес орбитальной ступени примерно 115 т, включая полезную нагрузку весом около 30 т и экипаж из 6—8 космонавтов; длина фюзеляжа — 32,9 м, размах крыльев — 23,8 м.

После выполнения задач в космосе орбитальная ступень возвращается на Землю, совершая посадку, как обычный самолет, и в дальнейшем может использоваться повторно.

Основное назначение КК «Спейс Шаттл» — выполнение челночных рейсов по маршруту «Земля — орбита — Земля» для доставки на сравнительно низкие орбиты полезных нагрузок (спутников, элементов орбитальных станций и т. п.) различного назначения, а также проведения в космосе различных исследований и экспериментов. Министерство обороны США планирует широкое использование КК «Спейс Шаттл» для милитаризации космоса, против чего решительно выступает Советский Союз.

Первый полет КК многоразового использования «Спейс Шаттл» состоялся в апреле 1981 г.

До 1 января 1986 г. состоялось 23 полета КК этого типа, при этом использовались 4 орбитальные ступени «Колумбия», «Чэлленджер», «Дискавери» и «Атлантис».

В июле 1975 г. на околоземной орбите был выполнен важный международный космический эксперимент: в совместном полете участвовали корабли двух стран — советский «Союз-19» и американский «Аполлон». На орбите корабли состыковались, и в течение двух дней существовала космическая система из космических кораблей двух стран. Значение этого эксперимента в том, что была решена крупная научно-техническая проблема совместимости кораблей для выполнения программы совместного полета со сближением и стыковкой, взаимным переходом экипажей, совместными научными исследованиями.

Совместный полет КК «Союз-19», пилотируемого космонавтами А. А. Леоновым и В. Н. Кубасовым, и КК «Аполлон», пилотируемого космонавтами Т. Стаффордом, В. Брандом и Д. Слейтоном, стал историческим событием в космонавтике. Этот полет показал, что СССР и США могут сотрудничать не только на Земле, но и в космосе.

В период с марта 1978 г. по май 1981 г. на советских КК «Союз» и орбитальной станции «Салют-6» состоялись полеты девяти международных экипажей по программе «Интеркосмос». В космосе международные экипажи выполняли большую научную работу — провели около 150 научно-технических экспериментов в области космической биологии и медицины, астрофизики, космического материаловедения, геофизики, наблюдения Земли с целью изучения ее природных ресурсов.

В 1982 г. на советском КК «Союз Т-6» и орбитальной станции «Салют-7» совершил полет советско-французский международный экипаж, а в апреле 1984 г. на советском КК «Союз Т-11» и орбитальной станции «Салют-7» совершили полет советские и индийский космонавты.

Полеты международных экипажей на советских КК и орбитальных станциях имеют большое значение для развития мировой космонавтики и развития дружественных связей между народами различных стран (см. *Космонавт*).

КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ

Космические лучи — потоки быстрых заряженных частиц — протонов, электронов, ядер различных химических элементов, летящих в различных направлениях в космическом пространстве со скоростью более 100 000 км/с. Попадая в земную атмосферу, частицы космических лучей сталкиваются в ней с ядрами атомов азота и кислорода и разрушают их. В результате возникают потоки новых элементарных частиц. Такие частицы, рожденные в атмосфере, называются вторичными космическими лучами. Вторичные космические лучи регистрируются специальными приборами — счетчиками ионизующих частиц или с помощью особых ядерных фотоэмульсий. Первичные космические лучи практически не достигают *Земли,* и лишь небольшое их количество регистрируется высоко в горах. Исследования этих частиц проводятся в основном за пределами земной атмосферы с использованием современной космической техники.

Основная масса космических лучей, приходящих к Земле, имеет энергию более 10^9 эВ (1 эВ равен $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Дж). Для сравнения укажем, что в недрах *Солнца,* где вещество нагрето до температуры 15 000 000 К, средняя энергия частиц плазмы лишь немногим превышает 10^3 эВ, т. е. она во много раз меньше, чем у космических лучей.

Космические лучи ежесекундно пронизывают буквально каждый квадратный сантиметр межпланетного и межзвездного пространства. На площадку с поверхностью в 1 $м^2$ попадает в среднем около 10 000 частиц в секунду. В основном это частицы сравнительно невысоких энергий. Чем больше энергия космических частиц, тем реже они встречаются. Так, частицы с очень высокой энергией, превышающей 10^{16} эВ, попадают на площадь в 1 $м^2$ в среднем раз в год.

Крайне редко встречаются частицы с фантастической энергией в 10^{19}—10^{20} эВ. Где они смогли получить столь большую энергию, пока остается неизвестным.

Более 90% первичных космических лучей всех энергий составляют протоны, около 7% приходится на α-частицы (ядра атомов гелия), около 2% — на ядра атомов, более тяжелых, чем у гелия, и примерно 1% — на электроны.

По своей природе космические лучи делятся на солнечные и галактические.

Солнечные космические лучи имеют сравнительно небольшую энергию и образуются главным образом при вспышках на Солнце (см. *Солнечная активность*). Ускорение частиц этих космических лучей происходит в хромосфере и короне Солнца. Потоки солнечных космических лучей после особенно сильных вспышек на Солнце могут представлять серьезную радиационную опасность для космонавтов.

Первичные космические лучи, приходящие извне в *Солнечную систему,* называются галактическими. Они движутся в межзвездном пространстве по довольно запутанным траекториям, постоянно меняя направление полета под действием магнитного поля, существующего между звездами нашей *Галактики.* Электроны, входящие в состав космических

Спускаемый аппарат космического корабля «Союз» совершает снижение на парашюте.



лучей, постепенно тормозятся в магнитном поле, теряя энергию на излучение радиоволн. Такое излучение называется синхротронным. Оно регистрируется радиотелескопами. Наблюдая его, можно выявить области повышенной концентрации космических лучей. Оказалось, что космические лучи сконцентрированы в основном в диске нашей Галактики, толщиной в несколько тысяч световых лет (вблизи плоскости *Млечного Пути*). Полная энергия всех космических лучей в этом слое измеряется гигантской цифрой — 10^{48} Дж.

Основным источником космических лучей в межзвездном пространстве являются, по-видимому, взрывы *сверхновых звезд*. Не случайно остатки сверхновых обладают мощным синхротронным излучением. Вносят свою лепту и быстро вращающиеся намагниченные *нейтронные звезды*. Они способны сообщать заряженным частицам большие энергии. Очень мощными источниками космических лучей могут быть активные *ядра галактик*, а также *радиогалактики* с характерными для них выбросами вещества, сопровождающимися очень мощным радиоизлучением.

Получив большую энергию, частицы космических лучей десятки миллионов лет блуждают по Галактике в различных направлениях, прежде чем потеряют свою энергию при столкновениях с атомами разреженного межзвездного газа.

Изучение космических лучей — один из увлекательнейших разделов астрофизики. Наблюдения космических лучей (непосредственная регистрация их, анализ синхротронного излучения или эффектов их взаимодействия со средой) позволяют глубже понять механизмы выделения энергии при различных космических процессах, выяснить физические свойства *межзвездной среды*, находящейся под непрерывным воздействием космических лучей. Наблюдения важны также для изучения физики тех элементарных частиц, которые возникают при взаимодействии космических лучей с веществом. Существенным вкладом в этот раздел физики явились исследования, выполненные с помощью космических аппаратов, в том числе запущенных в 60-е гг. в СССР четырех тяжелых спутников «Протон».

КОСМИЧЕСКИЕ СКОРОСТИ

Форма и размеры орбиты искусственного спутника Земли, межпланетной станции или какого-либо другого космического аппарата зависят от величины и направления скорости, полученной космическим аппаратом к моменту выключения двигателей (начальная скорость), и высоты, на которой кончился активный (с работающим двигателем) полет аппарата.

Всякий брошенный со сравнительно небольшой скоростью предмет под действием силы тяготения падает на Землю (см. *Гравитация*). В соответствии с законами *небесной механики* в этом случае предмет летит по эллиптической орбите, в фокусе которой находится центр Земли. На рисунке (для простоты мы рассматриваем предметы, запускаемые в горизонтальном направлении) этой орбите соответствует кривая *1*. В точке B орбита пересекается с поверхностью Земли, где предмет и падает. Если начальную скорость V увеличивать, точка падения удаляется от точки запуска A. При некоторой начальной скорости $V=V_1$ предмет, «падая», совсем не встретится с земной поверхностью и будет обращаться по круговой орбите *2* на постоянной высоте над земным шаром (сопротивление воздуха мы в расчет не берем). Эта наименьшая скорость, которую нужно сообщить космическому аппарату, чтобы он вышел на околоземную круговую орбиту, называется первой космической скоростью.

Первую космическую скорость (она различна на разных высотах над земной поверхностью) можно вычислить по формуле:

$$V_1=\sqrt{\frac{\mu}{r}},$$

где геоцентрическая гравитационная постоянная $\mu=398603\cdot10^9$ м^3/с^2; r — расстояние от центра Земли до точки запуска. Для поверхности Земли ($r=6378\cdot10^3$ м) $V_1=$ $=7{,}91$ км/с; для высоты 1000 км над земной поверхностью $V_1=7{,}35$ км/с.

При дальнейшем увеличении начальной скорости орбита, оставаясь эллиптической, будет все более и более вытягиваться и удаляться от Земли (орбита *3* на рисунке). При некоторой скорости $V=V_2$ она разорвется и превратится в параболу *4*. При этой скорости космический корабль по параболической орбите навсегда покинет окрестности Земли и уйдет в межпланетное пространство на околосолнечную орбиту. Скорость V_2 называется второй космической скоростью.

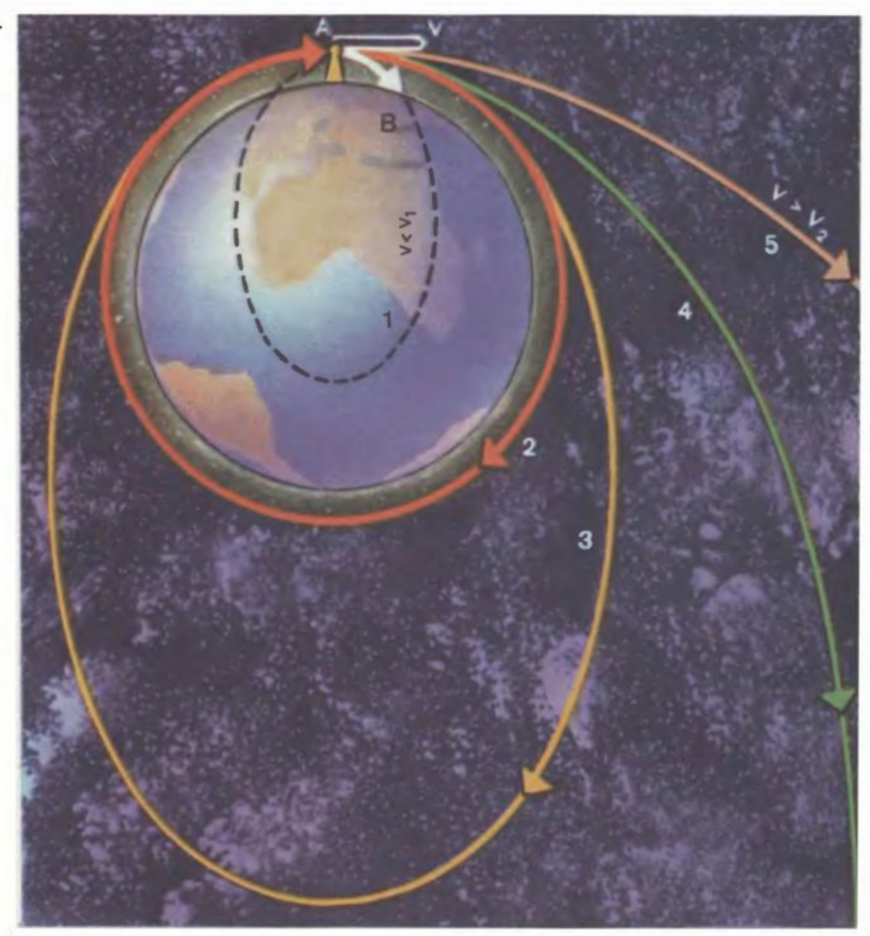
Вторая космическая скорость вычисляется по формуле:

$$V_2=\sqrt{\frac{2\mu}{r}}.$$

У поверхности Земли вторая космическая скорость равна 11,2 км/с, на высоте 1000 км она равна 10,4 км/с.

При еще больших скоростях орбита *5* имеет форму гиперболы.

Первую и вторую космические скорости можно вычислить и для других планет, Луны, спутников планет. Для этого в приведенных выше формулах величину μ нужно заменить на fM, где постоянная тяготения $f=6{,}673\cdot10^{-11}$ м^3/(кг$\cdot$с^2), а M — масса



Орбиты тел, запущенных с разной начальной скоростью.

небесного тела (в кг), для которого определяется космическая скорость.

Третья космическая скорость определяется для Солнца. Это наименьшая начальная скорость, которую нужно сообщить телу вблизи земной орбиты (на расстоянии 149,6 млн. км от Солнца), чтобы тело по параболической орбите навсегда ушло из *Солнечной системы*.

Третья космическая скорость $V_3=42{,}1$ км/с (относительно Солнца).

Часто под третьей космической скоростью понимают наименьшую начальную скорость, с которой нужно запустить космический корабль с Земли, чтобы он преодолел земное притяжение и вышел на околосолнечную орбиту со скоростью, необходимой для того, чтобы навсегда покинуть пределы Солнечной системы. В этом смысле третья космическая скорость $V_3=16{,}6$ км/с (относительно Земли).

КОСМОГОНИЯ

Космогония — наука, изучающая происхождение и развитие небесных тел, например *планет* и их *спутников, Солнца, звезд, галактик*.

Астрономы наблюдают космические тела на различной стадии развития, образовавшиеся недавно и в далеком прошлом, быстро «стареющие» или почти «застывшие» в своем развитии. Сопоставляя многочисленные данные наблюдений с физическими процессами, которые могут происходить при различных условиях в космическом пространстве, ученые пытаются объяснить, как возникают небесные тела.

Единой, завершенной теории образования звезд, планет или галактик пока не существует. Проблемы, с которыми столкнулись ученые, подчас трудно разрешимы. Многие результаты наблюдений допускают различное толкование.

Разрабатываемые космогонические гипотезы и теории обычно исходят из предположения, что основная сила, «формирующая» космические объекты, — *гравитация*. При определенных условиях очень разреженная среда (межзвездный газ) начинает сжиматься под действием гравитации. В конечном результате такого сжатия, по-видимому, и образуются планеты, звезды, звездные системы. Теоретически такая возможность вполне реальна. Это представление объясняет многие свойства указанных объектов и их распределение в пространстве. Однако высказывались и иные точки зрения (например, гипотеза образований звезд и галактик из сверхплотных тел).

Образование большинства наблюдаемых

галактик происходило в далеком прошлом, когда средняя плотность вещества во Вселенной была значительно выше. Как показывают расчеты, в ту далекую эпоху в результате роста неоднородностей газовой среды могли формироваться гигантские водородно-гелиевые облака газа (или системы облаков) — протогалактики. Они сжимались под действием собственной гравитации. В процессе сжатия протогалактик и возникли первые звезды и звездные скопления. Многие из них «дожили» до наших дней. По химическому составу и форме орбит эти старые звезды сильно отличаются от тех, которые образуются в настоящее время.

Появление звезд в современную эпоху связано со сжатием межзвездного газа в холодных газовых облаках. Они наблюдаются вблизи плоскости *Галактики*. У галактик, не содержащих межзвездного газа, заметных признаков происходящего звездообразования не видно. В нашей Галактике, как и в других спиральных галактиках, звезды возникают чаще всего не в одиночку, а группами: образуются целые *звездные скопления и ассоциации*. Но процессы звездообразования идут очень медленно: на всю нашу Галактику, содержащую более сотни миллиардов звезд, за год в среднем в звезды переходит такая масса газа, которой хватило бы всего лишь на несколько звезд типа нашего Солнца. Очаги звездообразования чаще всего тесно связаны с массивными комплексами молекулярного межзвездного водорода и располагаются в основном в спиральных ветвях нашей и других галактик. Конденсация холодного газа и образование звезд напоминают конденсацию охлажденного водяного пара в капельки воды.

Межзвездный газ из-за содержащейся в нем пыли при уплотнении становится непрозрачным. Поэтому процесс сжатия плотного межзвездного газа наблюдают, как правило, методами радиоастрономии (радиоволны не задерживаются пылью). Радиоастрономические наблюдения показали, что в областях звездообразования существуют компактные облака очень холодного газа. Он состоит в основном из молекулярного водорода. Размер облаков меньше одного парсека, а плотность — во много тысяч раз более высокая, чем в обычных облаках межзвездного газа. Эти облака, по-видимому, медленно сжимаются под действием собственной гравитации. Для их сжатия требуется много времени (по крайней мере сотни тысяч лет). Поэтому, к сожалению, нет возможности проследить сжатие отдельно взятого облака. Мы видим конечный результат такого процесса — недавно образовавшиеся звезды. В некоторых случаях эти звезды еще нельзя увидеть в «обычных» лучах (из-за сильного поглощения света пылью). Но они уже проявляют себя в инфра-

ДЖЕЙМС ХОПВУД ДЖИНС (1877—1946)



Английский физик и астроном Джеймс Хопвуд Джинс родился в Лондоне. В 1900 г. он окончил Кембриджский университет и в течение ряда лет преподавал там математику. Астрономические работы Джинса посвящены проблеме строения и эволюции звезд, звездных систем и туманностей.

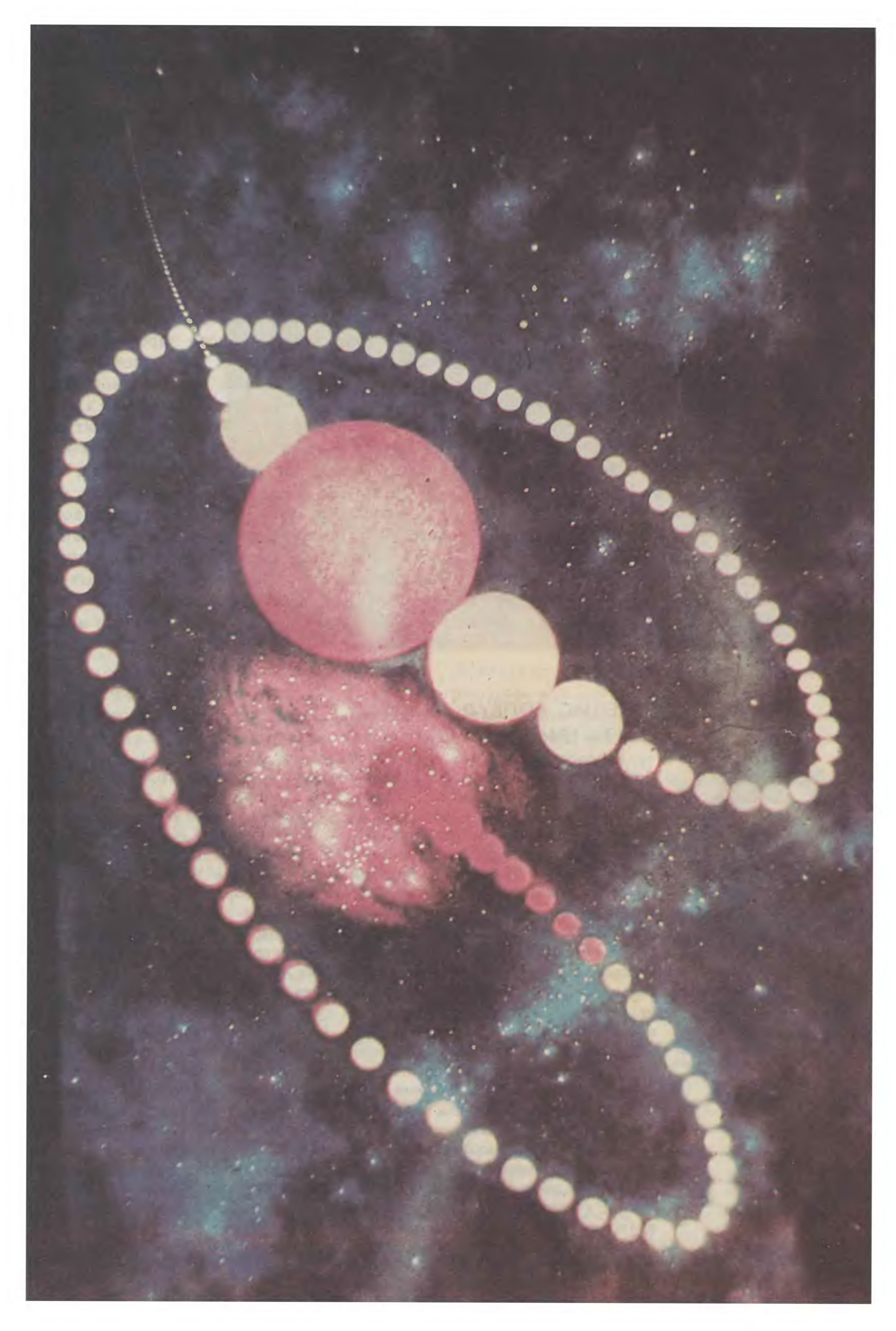
В 1904 г. Джинс высказал идею о внутриатомной природе источников звездной энергии, а в 1917 г. он обратил внимание на то, что вещество в недрах звезды должно быть полностью ионизованным и потому совершенно однородным, близким к состоянию идеального «электронно-ядерного» газа. Идеи Джинса на начальном этапе развития астрофизики служили мощным стимулом для исследования звездных недр и атмосфер.

Джинс — автор одной из гипотез о происхождении Солнечной системы. Джинс считал, что планеты образовались из струи вещества, вырванного из Солнца притяжением пролетавшей мимо звезды.

Гипотеза Джинса об образовании Солнечной системы пользовалась широкой популярностью в 20—30-е гг. XX в., но позже была доказана ее несостоятельность. Американский астроном Г. Ресселл, советский астроном Н. Н. Парийский и другие доказали, что вырванное из Солнца вещество стало бы обращаться вокруг него на расстоянии нескольких солнечных радиусов, тогда как радиусы планетных орбит составляют сотни и тысячи радиусов Солнца. Кроме того, вырванное вещество, имея температуру в миллионы градусов, рассеялось бы в пространстве.

Джинс успешно занимался популяризацией науки. Широкое признание получили его книги «Загадочная Вселенная», «Звезды и их судьбы», «Вселенная вокруг нас», «Движение миров» (последние две изданы в СССР в русском переводе в 1932—1933 гг.), в которых Джинс популярно рассказал о труднодоступных вопросах физики и астрономии.

Схема эволюции звезд. Условно показано, какие изменения происходят со звездой за время ее жизни — от образования из газового облака (начало последовательности) до превращения в остывающий белый карлик.



красном диапазоне и радиодиапазоне излучением нагретой ими газопылевой среды.

Часть вещества вблизи формирующейся звезды, «падая» в ее гравитационном поле, может образовать вокруг нее вращающийся и постепенно уплотняющийся газопылевой диск. Со временем вещество такого диска частично нагреется и улетучится, частично сожмется в сгустки небольшой массы, которые постепенно будут укрупняться за счет окружающего вещества и превращаться в планеты и их спутники. По-видимому, так вокруг молодого Солнца 4,5—5 млрд. лет назад произошло формирование планетной системы.

Теоретические расчеты возможных путей образования небесных тел очень трудны. Например, чтобы выяснить, как происходит сжатие межзвездного газа в звезды, приходится рассчитывать сложные процессы нагрева и охлаждения газа при сжатии, учитывать его намагниченность, вращение и многие другие свойства. Космогония успешно развивается, опираясь на астрономические наблюдения и на физические представления о поведении вещества в космических условиях.

КОСМОЛОГИЯ

Общие представления о строении *Вселенной* складывались на протяжении всей истории *астрономии* (см. *Системы мира*). Однако только в нашем веке смогла появиться современная наука о строении и эволюции Вселенной — космология. К этому времени А. Эйнштейн обобщил закон всемирного тяготения на случай сверхсильных гравитационных полей; без такого обобщения невозможно применение теории тяготения ко всей Вселенной (см. *Гравитация*). Создание крупных *телескопов,* развитие фотографической астрономии, спектроскопии, других новых методов наблюдений позволили изучить распределение *галактик* в пространстве и их движение на огромных расстояниях. Распределение вещества в пространстве — один из важнейших вопросов космологии.

Известно, что в *Солнечной системе,* в нашей звездной системе *Галактике,* так же как и в еще больших объемах Вселенной, вещество распределено крайне неоднородно: между *планетами, звездами,* звездными системами, галактиками, скоплениями галактик почти пустое пространство. Однако в очень больших масштабах — в сотни миллионов парсек — можно считать, что вещество распределено, вероятно, примерно равномерно. Если представить себе куб с ребром такого большого размера, помещенный в любом месте пространства Вселенной, в нем будет примерно одинаковое число галактик. Таким образом, можно считать, что вещество в больших масштабах распределено во Вселенной в среднем однородно.

Математическая теория (космологическая модель) однородной Вселенной, в которой к тому же по всем направлениям свойства одинаковы, была построена советским математиком А. А. Фридманом в середине 20-х гг. на основе теории тяготения Эйнштейна (см. *Теория относительности*). Фридман доказал, что из-за действия сил тяготения вещество Вселенной не может находиться в покое: Вселенная либо расширяется, либо сжимается.

Вскоре американский астроном *Э. Хаббл* установил, что Вселенная расширяется (см. *Расширение Вселенной*). Галактики и их скопления удаляются друг от друга и от нашей Галактики со скоростью, пропорциональной расстоянию между ними. Так теория Фридмана была подтверждена наблюдениями.

Согласно теории Фридмана, в будущем Вселенная будет либо неограниченно расширяться, либо же расширение сменится сжатием, что зависит от средней плотности вещества во Вселенной и скорости расширения. Скорость расширения Вселенной известна (около 75 км/с для галактик, удаленных на 1 Мпс). При данной скорости расширения критическое значение плотности, от которого зависит, будет ли Вселенная расширяться или сжиматься, численно составляет 10^{-29} г/см^3. Действительная средняя плотность вещества во Вселенной известна не очень достоверно, но скорее всего она раз в десять меньше критической. Следовательно, Вселенная должна неограниченно расширяться. Вообще говоря, геометрические свойства пространства Вселенной определяются распределением и движением вещества. Так, например, в простейшей однородной модели Вселенной Фридмана вопрос о том, конечен или бесконечен объем пространства, определяется тем, больше или меньше средняя плотность вещества критического значения.

В последнее время основное внимание в космологических исследованиях уделяется исследованию физических процессов, протекающих в ходе эволюции Вселенной. Ученые пытаются понять, что было в самом начале расширения Вселенной, т. е. около 10—20 млрд. лет назад, когда, согласно теории «горячей» Вселенной, все вещество было очень горячим и плотным (см. *Реликтовое излучение*), и как впоследствии шел процесс образования галактик.

КОСМОНАВТ

Космонавт — человек, совершивший полет в *космос* на *космическом корабле* или на каком-либо другом космическом объекте.

...12 апреля 1961 г. мир был потрясен сообщением ТАСС о том, что в Советском Союзе выведен на орбиту вокруг *Земли* первый в истории космический корабль-спутник «Восток» с человеком на борту, пилотируемый гражданином Союза Советских Социалистических Республик *Ю. А. Гагариным.* Всего 108 мин продолжался полет Юрия Гагарина, но он был первым, кто доказал, что человек может жить и работать в космосе. Так появилась на Земле новая профессия — космонавт.

Профессия космонавта особая, она предъявляет к человеку очень высокие требования. Космонавт прежде всего должен обладать отменным здоровьем. Ему приходится работать в необычных условиях: при выведении на орбиту и особенно при возвращении на Землю на него действуют немалые перегрузки. Так, десятикратная перегрузка означает, что космонавт, например, при собственном весе 80 кг ощущает свой вес равным 800 кг. А на орбите он попадает в условия невесомости, совершенно непривычные для человека, родившегося и живущего в условиях земной силы тяжести. Для сохранения высокой работоспособности в этих условиях и возможности быстрой адаптации организма при возвращении на Землю космонавт, находясь в космическом корабле, должен по нескольку часов в день заниматься тяжелыми физическими упражнениями.

Космонавт должен быть мужественным и

ЮРИЙ АЛЕКСЕЕВИЧ ГАГАРИН (1934—1968)



Юрий Гагарин... Бесстрашный рыцарь космоса, славный сын нашей великой Родины, коммунист. Человек, покоривший небо. Человек, подвиг и улыбка которого покорили нашу планету.

12 апреля 1961 г. Эта дата навсегда вошла в историю человечества. Весенним утром мощная ракета-носитель вывела на орбиту первый в истории космический корабль «Восток» с первым космонавтом Земли — гражданином Советского Союза Юрием Гагариным на борту.

108 минут длился первый космический полет. В наши дни, когда совершаются многомесячные экспедиции на борту орбитального космического комплекса «Салют» — «Союз», он кажется очень коротким. Но каждая из этих минут была открытием неизвестного.

Детство русского крестьянского паренька Юры Гагарина проходило в деревне Клушино на Смоленщине, а затем в небольшом городке Гжатске, ныне носящем славное имя Гагарина.

Школа, ремесленное училище, литейный цех, индустриальный техникум в Саратове... Шли нелегкие первые послевоенные годы нашей страны. И в эти годы юный Гагарин не только хорошо учился и работал, но и формировал свой трудолюбивый, настойчивый, благородный характер.

«С Саратовом связано появление у меня... неудержимой тяги в небо, тяги к полетам...» — писал впоследствии Юрий Гагарин.

После Саратовского аэроклуба, первой «небесной» страницы в биографии Гагарина, он успешно окончил Оренбургское летное военное училище, служил в частях Военно-Воздушных Сил — летал на краснозвездных сверхзвуковых самолетах, оберегая северные рубежи нашей Родины.

В 1960 г. Юрий Гагарин начал готовиться к полету в космос в Центре подготовки космонавтов, ныне носящем его имя. Работал самозабвенно, с полной отдачей сил, с неистощимой любознательностью, трудолюбием, выдержкой. Был отлично подготовлен физически, аккуратен, скромен, внимателен к товарищам, смел и решителен.

Когда обсуждался вопрос, кому быть космонавтом-1, выбор пал на Юрия Гагарина. И 12 апреля 1961 г. в момент старта прозвучало знаменитое гагаринское «Поехали!». Ликующая Родина радостно встретила первопроходца космоса. Его подвиг был отмечен высокими наградами и званием Героя Советского Союза.

Люди всей Земли бурно приветствовали советского человека, первым увидевшего нашу планету из космоса. Его восторженно принимали в десятках стран.

Готовясь к новым полетам, Гагарин настойчиво продолжал тренировки, много летал на самолетах, окончил Военно-воздушную инженерную академию им. Н. Е. Жуковского.

В марте 1968 г. во время очередного тренировочного полета Юрий Алексеевич Гагарин трагически погиб в авиационной катастрофе. Верный сын нашей Родины, открывший новую эру в освоении Вселенной, вечно будет жить в памяти людей.


В. В. Терешкова — первая в мире женщина-космонавт.


А. А. Губарев (СССР) и В. Ремек (ЧССР) — экипаж космического корабля «Союз-28».

смелым человеком, находчивым в любых ситуациях, уметь быстро разбираться и принимать правильные решения в стремительно меняющейся обстановке. Каждый старт в космос — полет во враждебную для человека среду, где царят вакуум, невесомость, смертельные для человека излучения. И хотя в космическом корабле или на *орбитальной станции* космонавт защищен прочным непроницаемым корпусом, внутри для него созданы практически привычные для человека условия жизнедеятельности, непредвиденные аварийные ситуации могут возникать и на Земле при испытаниях космической техники, и в космосе, и при возвращении на Землю. Двадцатипятилетняя летопись пилотируемых космических полетов хранит не только героические, но и трагические страницы.

Космонавт должен превосходно знать космическую технику и безукоризненно владеть ею. Уже первые космические корабли обладали очень сложным техническим устройством. С тех пор космическая техника стала еще более сложной и совершенной, что предъявляет еще более высокие профессиональные требования к космонавту. Только идеальное взаимодействие космонавта с космическим кораблем, умение проводить регулярные профилактические и ремонтные работы может обеспечить полностью успешное выполнение программы полета.

Наконец, космонавт — это исследователь,

А. А. Леонов, Т. Стаффорд, В. Н. Кубасов, Д. Слейтон и В. Бранд — участники совместного полета советского космического корабля «Союз-19» и американского «Аполлон».



П. И. Климук (СССР) и М. Гермашевский (ПНР) — экипаж космического корабля «Союз-30».



Н. Н. Рукавишников (СССР) и Г. И. Иванов (НРБ) — экипаж космического корабля «Союз-33».



В. Ф. Быковский (СССР) и З. Йен (ГДР) — экипаж космического корабля «Союз-31».



В. Н. Кубасов (СССР) и Б. Фаркаш (ВНР) — экипаж космического корабля «Союз-36».



и он должен не только хорошо знать программу исследований и экспериментов, но и уметь работать с научной аппаратурой. А с каждым годом научные программы космических полетов становятся все шире и насыщеннее, научная аппаратура — все сложнее и разнообразнее. Современная научная программа работ экипажа на орбитальной станции «Салют» включает медико-биологические исследования и эксперименты с целью изучения, как влияют факторы космического полета на состояние и рост человека, животных и высших растений; наблюдения таких интересных атмосферных явлений, как *полярные сияния, серебристые облака,* а также наблюдения за штормами, ураганами, смерчами, лесными пожарами для своевременного оповещения наземных служб о надвигающихся стихийных бедствиях; наблюдения и фотосъемки земной поверхности и Мирового океана с целью изучения природных ресурсов Земли для нужд лесного и сельского хозяйства, геологии, мелиорации и землепользования, океанографии и рыбного хозяйства. Интересная область работ космонавтов на орбитальных станциях — космическое материаловедение. Они проводят разнообразные технологические эксперименты — плавки, пайки, сварки — со многими веществами, чтобы

В. В. Рюмин и В. В. Горбатко (СССР) и Фам Туан (СРВ) — экипаж космического корабля «Союз-37».



В. А. Джанибеков (СССР) и Ж. Гуррагча (МНР) — экипаж космического корабля «Союз-39».



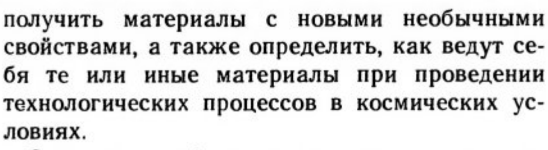
Ю. В. Романенко (СССР) и А. Тамайо Мендес (Республика Куба) — экипаж космического корабля «Союз-38».



Л. И. Попов (СССР) и Д. Прунариу (СРР) — экипаж космического корабля «Союз-40» и В. В. Коваленок, В. П. Савиных на борту станции «Салют-6».



получить материалы с новыми необычными свойствами, а также определить, как ведут себя те или иные материалы при проведении технологических процессов в космических условиях.



Одно из наиболее перспективных направлений космических исследований — внеатмосферная астрономия. У космонавта превосходные возможности вести астрономические наблюдения, поскольку ему не мешает атмосфера — основной фактор, препятствующий проникновению к наземным инструментам электромагнитного излучения в большинстве диапазонов спектра.

Космонавты все шире пользуются предоставленной возможностью для проведения астрономических наблюдений. На борту орбитальной станции «Салют-4» были установлены инфракрасный телескоп-спектрометр, телескоп для регистрации ультрафиолетового излучения *Солнца* и рентгеновские телескопы. С помощью этих инструментов космонавты провели ряд исследований Солнца, отдельных *звезд, галактик,* остатков взрывов *сверхновых звезд.* Интересная информация, которая расширяет и углубляет наши представления о Вселенной, была получена на орбитальной станции «Салют-6», где установлен крупный субмил-



С. Е. Савицкая — первая в мире женщина-космонавт, совершившая выход в открытый космос; с помощью ручного инструмента она выполнила ряд сложных технологических операций.



А. С. Иванченков, В. А. Джанибеков (СССР) и Ж. Л. Кретьен (Франция) — экипаж космического корабля «Союз Т-6».

лиметровый телескоп с криогенной системой охлаждения приемников излучения до температуры —269°С и малогабаритный гамма-телескоп. Космонавты В. А. Ляхов и В. В. Рюмин для астрономических исследований использовали радиотелескоп с зеркальной параболической антенной диаметром 10 м. Совместно с космическим действовал наземный радиотелескоп с антенной диаметром 70 м, установленный в Крыму. Космонавты провели радиокартографирование Млечного Пути и отдельных районов Земли, исследовали радиоизлучение Солнца, наблюдали пульсар.

После полета Юрия Гагарина каждый старт человека в космос становился новым шагом в освоении космического пространства. Удлинялись сроки полетов, расширялись программы научно-технических исследований и экспериментов, космонавты овладевали все более сложной космической техникой. Полет Германа Титова продолжался свыше суток, а Валентина Терешкова — первая женщина-космонавт — находилась в космическом полете почти трое суток.

В марте 1965 г. Алексей Леонов стал первым космонавтом, который в специальном скафандре вышел из корабля «Восход-2» и в течение примерно 20 мин находился в открытом космосе.

Из космонавтов США наиболее известны Н. Армстронг, Э. Олдрин и М. Коллинз — экипаж космического корабля «Аполлон-11», который в июле 1969 г. совершил полет к *Луне* с высадкой на ее поверхность. Н. Армстронг и Э. Олдрин стали первыми людьми, побывавшими на Луне.

В 70-е гг. советская программа пилотируемых космических полетов была направлена на создание долговременных орбитальных станций со сменяемыми экипажами — магистрального пути человека в космосе. Доставляемые транспортными космическими кораблями «Союз» на орбитальные станции «Салют» советские космонавты совершили ряд длительных космических экспедиций. Так, полет космонавтов П. И. Климука и В. И. Севастьянова на корабле «Союз-18» и орбитальной станции «Салют-4» продолжался почти 64 сут. На базе орбитальной станции «Салют-6» был создан научно-исследовательский комплекс «Салют-6» — «Союз», регулярно снабжаемый топливом и другими необходимыми материалами автоматическими грузовыми кораблями «Прогресс». На этом орбитальном научно-исследовательском комплексе советские космонавты Ю. В. Романенко и Г. М. Гречко, В. В. Коваленок и А. С. Иванченков, В. А. Ляхов и В. В. Рюмин, Л. И. Попов и В. В. Рюмин, В. В. Коваленок и В. П. Савиных совершили длительные космические полеты продолжительностью соответственно 96, 140, 175, 185 и 75 сут.

Еще более длительные экспедиции в космос совершили советские космонавты на научно-исследовательском комплексе «Салют-7» — «Союз Т» — «Прогресс». 211 сут работали в космосе А. Н. Березовой и В. В. Лебедев, 150 сут — В. А. Ляхов и А. П. Александров, 237 сут — Л. Д. Кизим, В. А. Соловьев и О. Ю. Атьков.

На орбитальной станции «Салют-7» дважды работала С. Е. Савицкая — вторая в мире женщина, совершившая полет в космос. Во время второго полета она выходила в открытое космическое пространство, чтобы провести испытания нового универсального ручного инструмента (УРИ), предназначенного для выполнения сложных технологических операций. С помощью УРИ С. Е. Савицкая выпол-

Л. Д. Кизим, В. А. Соловьев, О. Ю. Атьков — экипаж космического корабля «Союз Т-10»



Ю. В. Малышев, Г. М. Стрекалов (СССР) и Р. Шарма (Индия) — экипаж космического корабля «Союз Т-11».



нила операции по резке, сварке, пайке металлических пластин и напылению покрытия.

В 70-е гг. успешно развивалось сотрудничество космонавтов различных стран непосредственно в космосе. В июле 1975 г. был выполнен совместный экспериментальный полет космического корабля «Союз-19», пилотируемого советскими космонавтами А. А. Леоновым и В. Н. Кубасовым, и космического корабля «Аполлон», пилотируемого американскими космонавтами Т. Стаффордом, Д. Слейтоном и В. Брандом.

В 1978—1981 гг. по программе «Интеркосмос» вместе с нашими космонавтами на советских космических кораблях «Союз» и орбитальной станции «Салют-6» совершили полеты космонавты Чехословацкой Социалистической Республики — В. Ремек, Польской Народной Республики — М. Гермашевский, Германской Демократической Республики — З. Йен, Народной Республики Болгарии — Г. Иванов, Венгерской Народной Республики — Б. Фаркаш, Социалистической Республики Вьетнам — Фам Туан, Республики Куба — А. Тамайо Мендес, Монгольской Народной Республики — Ж. Гуррагча и Социалистической Республики Румынии — Д. Прунариу.

В 1982 и 1984 гг. в составе международных экипажей на советских космических кораблях «Союз Т» и орбитальной станции «Салют-7» вместе с советскими космонавтами полеты совершили гражданин Франции — Ж. Л. Кретьен и Индии — Р. Шарма.

К 1 января 1986 г. в космосе побывали 195 человек — 60 советских космонавтов, 116 американских, 3 космонавта из ФРГ, 2 космонавта из Франции и по одному космонавту из ЧССР, ПНР, ГДР, НРБ, ВНР, СРВ, Республики Куба, МНР, СРР, Индии, Канады, Саудовской Аравии, Нидерландов и Мексики.

Полеты советских космонавтов и космонавтов зарубежных стран на космических кораблях «Восток», «Восход», «Союз» и орбитальных станциях «Салют»

№ п/п	Космический корабль, орбитальная станция	Дата старта и посадки	Экипаж	Позывной экипажа
1	2	3	4	5
1	«Восток»	12 апреля 1961 г.	Ю. А. Гагарин	«Кедр»
2	«Восток-2»	6—7 августа 1961 г.	Г. С. Титов	«Орел»
3	«Восток-3»	11—15 августа 1962 г.	А. Г. Николаев	«Сокол»
4	«Восток-4»	12—15 августа 1962 г.	П. Р. Попович	«Беркут»
5	«Восток-5»	14—19 июня 1963 г.	В. Ф. Быковский	«Ястреб»
6	«Восток-5»	16—19 июня 1963 г.	В. В. Терешкова	«Чайка»
7	«Восход»	12—13 октября 1964 г.	В. М. Комаров, К. П. Феоктистов, Б. Б. Егоров	«Рубин»
8	«Восход-2»	18—19 марта 1965 г.	П. И. Беляев, А. А. Леонов	«Алмаз»
9	«Союз-1»	23—24 апреля 1967 г.	В. М. Комаров	«Рубин»

1	2	3	4	5
10	«Союз-3»	26—30 октября 1968 г.	Г. Т. Береговой	«Аргон»
11	«Союз-4»	14—17 января 1969 г.	В. А. Шаталов	«Амур»
12	«Союз-5»	15—18 января 1969 г.	Б. В. Волынов, А. С. Елисеев, Е. В. Хрунов	«Байкал»
13	«Союз-6»	11—16 октября 1969 г.	Г. С. Шонин, В. Н. Кубасов	«Антей»
14	«Союз-7»	12—17 октября 1969 г.	А. В. Филипченко, В. Н. Волков, В. В. Горбатко	«Буран»
15	«Союз-8»	13—18 октября 1969 г.	В. А. Шаталов, А. С. Елисеев	«Гранит»
16	«Союз-9»	1—19 июня 1970 г.	А. Г. Николаев, В. И. Севастьянов	«Сокол»
17	«Союз-10»	23—25 апреля 1971 г.	В. А. Шаталов, А. С. Елисеев, Н. Н. Рукавишников	«Гранит»
18	«Союз-11», «Салют»	6—30 июня 1971 г.	Г. Т. Добровольский, В. Н. Волков, В. И. Пацаев	«Янтарь»
19	«Союз-12»	27—29 сентября 1973 г.	В. Г. Лазарев, О. Г. Макаров	«Урал»
20	«Союз-13»	18—26 декабря 1973 г.	П. И. Климук, В. В. Лебедев	«Кавказ»
21	«Союз-14», «Салют-3»	3—19 июля 1974 г.	П. Р. Попович, Ю. П. Артюхин	«Беркут»
22	«Союз-15»	26—28 августа 1974 г.	Г. В. Сарафанов, Л. С. Демин	«Дунай»
23	«Союз-16»	2—8 декабря 1974 г.	А. В. Филипченко, Н. Н. Рукавишников	«Буран»
24	«Союз-17», «Салют-4»	11 января — 9 февраля 1975 г.	А. А. Губарев, Г. М. Гречко	«Зенит»
25	«Союз-18», «Салют-4»	24 мая — 26 июля 1975 г.	П. И. Климук, В. И. Севастьянов	«Кавказ»
26	«Союз-19»	15—21 июля 1975 г.	А. А. Леонов, В. Н. Кубасов	«Союз»
27	«Союз-21», «Салют-5»	6 июля — 24 августа 1976 г.	Б. В. Волынов, В. М. Жолобов	«Байкал»
28	«Союз-22»	15—23 сентября 1976 г.	В. Ф. Быковский, В. В. Аксенов	«Ястреб»
29	«Союз-23»	14—16 октября 1976 г.	В. Д. Зудов, В. И. Рождественский	«Родон»
30	«Союз-24», «Салют-5»	7—25 февраля 1977 г.	В. В. Горбатко, Ю. Н. Глазков	«Терек»
31	«Союз-25»	9—11 октября 1977 г.	В. В. Коваленок, В. В. Рюмин	«Фотон»
32	«Союз-26», «Салют-6»	10 декабря 1977 г. — 16 марта 1978 г.	Ю. В. Романенко, Г. М. Гречко	«Таймыр»
33	«Союз-27», «Салют-6»	10—16 января 1978 г.	В. А. Джанибеков, О. Г. Макаров	«Памир»
34	«Союз-28», «Салют-6»	2—10 марта 1978 г.	А. А. Губарев, В. Ремек (ЧССР)	«Зенит»
35	«Союз-29», «Салют-6»	15 июня — 2 ноября 1978 г.	В. В. Коваленок, А. С. Иванченков	«Фотон»
36	«Союз-30», «Салют-6»	27 июня — 5 июля 1978 г.	П. И. Климук, М. Гермашевский (ПНР)	«Кавказ»
37	«Союз-31», «Салют-6»	26 августа — 3 сентября 1978 г.	В. Ф. Быковский, З. Йен (ГДР)	«Ястреб»
38	«Союз-32», «Салют-6», «Союз-34»	25 февраля — 19 августа 1979 г.	В. А. Ляхов, В. В. Рюмин	«Протон»
39	«Союз-33»	10—12 апреля 1979 г.	Н. Н. Рукавишников, Г. И. Иванов (НРБ)	«Сатурн»
40	«Союз-35», «Салют-6»	9 апреля — 11 октября 1980 г.	Л. И. Попов, В. В. Рюмин	«Днепр»
41	«Союз-36», «Салют-6»	26 мая — 3 июня 1980 г.	В. Н. Кубасов, Б. Фаркаш (ВНР)	«Орион»
42	«Союз Т-2», «Салют-6»	5—9 июня 1980 г.	Ю. В. Малышев, В. В. Аксенов	«Юпитер»
43	«Союз-37», «Салют-6»	23—31 июля 1980 г.	В. В. Горбатко, Фам Туан (СРВ)	«Терек»
44	«Союз-38», «Салют-6»	18—26 сентября 1980 г.	Ю. В. Романенко, А. Тамайо Мендес (Куба)	«Таймыр»
45	«Союз Т-3», «Салют-6»	27 ноября — 10 декабря 1980 г.	Л. Д. Кизим, О. Г. Макаров, Г. М. Стрекалов	«Маяк»

1	2	3	4	5
46	«Союз Т-4», «Салют-6»	12 марта — 26 мая 1981 г.	В. В. Коваленок, В. П. Савиных	«Фотон»
47	«Союз-39», «Салют-6»	22—30 марта 1981 г.	В. А. Джанибеков, Ж. Гуррагча (МНР)	«Памир»
48	«Союз-40», «Салют-6»	14—22 мая 1981 г.	Л. И. Попов, Д. Прунариу (СРР)	«Днепр»
49	«Союз Т-5», «Салют-7»	13 мая — 10 декабря 1982 г.	А. Н. Березовой, В. В. Лебедев	«Эльбрус»
50	«Союз Т-6», «Салют-7»	24 июня — 2 июля 1982 г.	В. А. Джанибеков, А. С. Иванченков, Ж. Л. Кретьен (Франция)	«Памир»
51	«Союз Т-7», «Салют-7»	19—27 августа 1982 г.	Л. И. Попов, А. А. Серебров, С. Е. Савицкая	«Днепр»
52	«Союз Т-8»	20—22 апреля 1983 г.	В. Г. Титов, Г. М. Стрекалов, А. А. Серебров	«Океан»
53	«Союз Т-9», «Салют-7»	27 июня — 23 ноября 1983 г.	В. А. Ляхов, А. П. Александров	«Протон»
54	«Союз Т-10», «Салют-7»	8 февраля — 2 октября 1984 г.	Л. Д. Кизим, В. А. Соловьев, О. Ю. Атьков	«Маяк»
55	«Союз Т-11», «Салют-7»	3—11 апреля 1984 г.	Ю. В. Малышев, Г. М. Стрекалов, Р. Шарма (Индия)	«Юпитер»
56	«Союз Т-12», «Салют-7»	17—29 июля 1984 г.	В. А. Джанибеков, С. Е. Савицкая, И. П. Волк	«Памир»
57	«Союз Т-13»	6 июня — 26 сентября 1985 г.	В. А. Джанибеков	«Памир»
	«Салют-7»	6 июня — 21 ноября 1985 г.	В. П. Савиных	
58	«Союз Т-14» «Салют-7»	17 сентября — 21 ноября 1985 г. 17—26 сентября 1985 г. 17 сентября — 21 ноября 1985 г.	В. В. Васютин Г. М. Гречко А. А. Волков	«Чегет»

КОСМОНАВТИКА

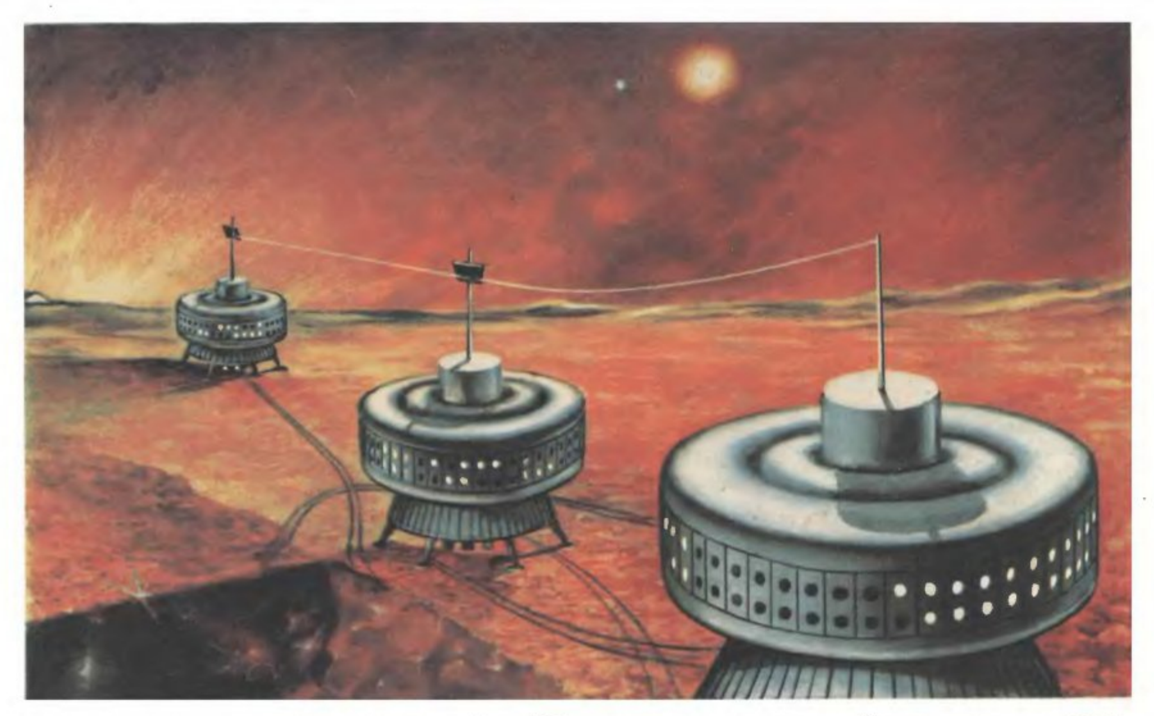
Космонавтика — комплексная отрасль науки и техники, обеспечивающая исследование и использование космического пространства с помощью автоматических и пилотируемых космических летательных аппаратов. Выделяются три основные области современных научно-технических исследований и разработок: околоземные полеты; полеты к *Луне* и в окололунном пространстве; межпланетные полеты. В первых двух областях освоены как автоматические, так и пилотируемые полеты, в третьей уже совершены полеты автоматических станций к *Меркурию, Венере, Марсу, Юпитеру, Сатурну.* Предстоят полеты автоматических станций к другим планетам, а также к астероидам и кометам. Полеты к звездам рассматриваются в настоящее время лишь в чисто теоретическом плане, так как еще нет способов преодоления многочисленных технических трудностей, возникающих при таких полетах.

Аппаратура искусственных спутников и межпланетных станций предназначена для исследования тел *Солнечной системы,* межпланетного вещества и излучений *Солнца,* звезд и планет. Полученные данные имеют колоссальное значение для астрономии. Не менее важна роль космонавтики для практических нужд человечества — развития промышленности и сельского хозяйства, радиосвязи и телевидения, навигации самолетов и судов, решения энергетических проблем (солнечные орбитальные электростанции), задач геодезии и метеорологии. Изучаются возможности создания орбитальных заводов.

В будущем предстоит создание долговременных обитаемых научных станций на орбитах вокруг Луны и планет Солнечной системы, а также на поверхностях Луны, Марса и некоторых спутников Юпитера. Можно предвидеть возникновение сложных космических индустриальных комплексов с многочисленным населением на орбитах вокруг Земли и Солнца. Однако заселение человечеством планет Солнечной системы едва ли может быть осуществлено в обозримый отрезок времени.

Космонавтика основывается на целом ряде научных и технических дисциплин. Космическая динамика и ракетодинамика, а также совокупность наших астрономических знаний составляют теоретический фундамент космонавтики с самого момента ее зарождения. Впоследствии все большую роль в развитии космонавтики стали, наряду с ракетной техникой,

Астробиологическая станция на Марсе — один из проектов.



играть радиоэлектроника, теория автоматического управления, вычислительная техника, ядерная энергетика и т. д.

Возникли такие новые технические науки, как теория космической навигации, теория космической связи, а также новый раздел биологической науки — космическая биология и космическая медицина. К космонавтике относится и решение международно-правовых вопросов, связанных с использованием космического пространства.

Тысячи изобретений, придуманных для космонавтики, нашли «земные» приложения: новые материалы, медицинская аппаратура, портативные приборы, несгораемая одежда и многое другое.

В развитии всех разделов космонавтики велика роль Советского Союза, который ведет последовательную борьбу за исключительно мирное использование космического пространства на благо всех людей Земли.

КОСМОС

Термин «космос», перешедший в современную науку от древних греков, является, по существу, синонимом *Вселенной.* Греческое слово «космос» означает «строй, порядок, мир, Вселенная». Начиная с VI в. до н. э. древние греки характеризовали этим словом Вселенную как стройную, организованную систему, противопоставляя ее хаосу — беспорядочному нагромождению материи.

Космос включает в себя межпланетное, межзвездное, межгалактическое пространство со всеми находящимися в нем телами. Говоря о космосе (космическом пространстве), часто имеют в виду не всю Вселенную, а лишь межпланетную и околоземную среду, которая находится за пределами атмосферы *Земли.* В этом смысле термин «космос» получил широкое распространение после запуска в 1957 г. в СССР первого искусственного спутника Земли и начала исследования околоземной и межпланетной среды с помощью различных космических летательных аппаратов.

КРАБОВИДНАЯ ТУМАННОСТЬ

Крабовидная туманность — туманность в созвездии Тельца, находящаяся на расстоянии примерно 1700 пс. Вместе с *пульсаром,* находящимся в ее центре, она представляет собой остаток *сверхновой звезды,* вспыхнувшей в 1054 г. Крабовидная туманность расширяется со скоростью около 1500 км/с. Расширение туманности согласуется с тем, что ее разлет начался примерно 900 лет назад.

На фотографиях Крабовидной туманности можно четко выделить две различные по форме части: протяженную сеть волокон и внутреннюю аморфную (бесформенную) часть. Эти

Над Черным морем. Картина летчика-космонавта СССР А. Леонова.



части отличаются не только по форме, но и по физическим процессам, протекающим в них. Оказалось, что волокна излучают линейчатый спектр, а аморфная часть — непрерывный.

Излучение волокон неплохо объясняется обычными процессами, которые протекают в газовых туманностях, т. е. процессами в ионизованном горячем газе. Однако все попытки объяснить непрерывное излучение аморфной массы были безрезультатны.

Разгадку излучения аморфной части туманности предложил советский астроном член-корреспондент АН СССР И. С. Шкловский в 1953 г. К этому времени было обнаружено радиоизлучение Крабовидной туманности, которое оказалось не похожим на излучение горячего газа. Суть его гипотезы заключается в том, что радиоизлучение и непрерывное оптическое излучение Крабовидной туманности возникают при торможении частиц (электронов и протонов) очень большой энергии в магнитном поле туманности. Такой механизм излучения называется синхротронным. Впоследствии было обнаружено рентгеновское излучение туманности, имеющее ту же самую природу. Суммарная мощность синхротронного излучения Крабовидной туманности столь огромна, что она сравнивается с мощностью синхротронного излучения всей *Галактики!*

Что же является источником энергии Крабовидной туманности? Уже давно было замечено, что время от времени в центре туманности возникают быстрые движения, скорость которых достигает 26 000 км/с. Это наводило на мысль, что именно там находится такой невидимый источник. Им оказался пульсар, который был обнаружен в центре туманности в 1968 г. Этот пульсар самый молодой из известных. Его возраст, определенный по систематическому увеличению периода пульсации, совпал с возрастом туманности. Благодаря своему быстрому вращению (период 0,03 с) пульсар выделяет много энергии. Часть ее обеспечивает излучение самого пульсара, но более значительная доля этой энергии питает туманность. Здесь она также перераспределяется: часть ее излучается синхротронным механизмом, примерно такая же доля идет на ускорение дви-

Крабовидная туманность.



жения волокон, которое было обнаружено еще в 1938 г., и лишь незначительная часть излучается волокнами.

Совпадение возраста пульсара и туманности убедительно показывает, что они имеют общее происхождение и обязаны своим существованием вспышке сверхновой звезды в 1054 г. Но результат вспышки сверхновой звезды может быть и иным, поскольку наблюдаются «молодые» остатки сверхновых звезд, вспыхнувшие 300—400 лет назад, которые заметно отличаются от Крабовидной туманности.

КРЫМСКАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ

В предгорьях Крыма, в 12 км к востоку от Бахчисарая, расположена Крымская астрофизическая обсерватория Академии наук СССР. Эта обсерватория — одна из крупнейших в мире. Основана в 1908 г. близ Симеиза. В 1946 г. началось строительство зданий и телескопов на новом месте в горах около Бахчисарая. Первым крупным инструментом здесь был двойной *астрограф* с диаметром объектива 40 см. Среди других инструментов и приборов Крымской обсерватории наиболее крупные: башенный *солнечный телескоп* — один из лучших в мире инструментов такого типа (оснащен управляющим вычислительным комплексом), один из самых крупных в Европе *телескоп-рефлектор* с диаметром зеркала 2,6 м, мощный *радиотелескоп* для миллиметрового диапазона длин волн, параболическая антенна которого имеет диаметр 22 м.

Основные научные работы обсерватории связаны с исследованием нестационарных процессов, происходящих на *Солнце* и в *космосе*. Для успешного проведения этих работ впервые в нашей стране на Крымской обсерватории были разработаны фотоэлектрические методы исследования блеска звезд и измерения магнитных полей Солнца и звезд, *электронно-оптические преобразователи* для фотографирования *галактик* и спектров слабых звезд, специальная аппаратура для кинематографирования процессов на Солнце.

При исследовании Солнца сотрудники обсерватории под руководством академика Героя Социалистического Труда А. Б. Северного обнаружили пульсацию нашего дневного светила как целого с периодом 2 ч 40 мин.

На обсерватории ведется изучение далеких галактик и *квазаров*, проводятся радиоастрономические и внеатмосферные исследования.

Приборы, созданные на обсерватории, успешно работают на различных космических аппаратах. Так, с орбитальным солнечным телескопом, установленным на станции «Салют», проводились наблюдения Солнца в ультрафиолетовых лучах. Самоходный аппарат «Луноход-2» был оборудован изготовленным на Крымской обсерватории *астрофотометром* (см. *Луноход*).

КУЛЬМИНАЦИИ

Кульминации — положения в видимом суточном вращении небесных светил вокруг оси мира, когда они достигают наибольшей или наименьшей высоты над *горизонтом*.

Из геометрии *небесной сферы* видно, что суточные параллели, т. е. малые круги, по которым движутся светила в суточном вращении, имеют наибольшую и наименьшую высоты над горизонтом в точках их пересечения с небесным меридианом, т. е. светила кульминируют при их прохождении через плоскость небесного меридиана. Верхней кульминацией называют то из двух положений, когда высота светила над горизонтом достигает наибольшего значения. В северных широтах верхняя кульминация светил может происходить как к югу, так и к северу от зенита, но всегда к югу от Северного полюса мира. Нижней кульминацией называют то положение, когда высота светила становится наименьшей. В северных широтах Земли нижняя кульминация светил происходит к северу от Северного полюса мира. Для заходящих звезд нижняя кульминация происходит под горизонтом.

Л

ЛАЗЕРНЫЙ СПУТНИКОВЫЙ ДАЛЬНОМЕР

Лазерный спутниковый дальномер — астрономический инструмент для измерения расстояний до искусственных спутников Земли.

Работа лазерного спутникового дальномера основана на измерении интервала времени, в течение которого излученный дальномером импульс света достигает спутника и, отразившись от него, возвращается к дальномеру. Поскольку скорость света хорошо известна, то по измеренному таким путем интервалу времени легко вычислить и расстояние до спутника.

Во время наблюдений спутник быстро перемещается, поэтому для каждого измерения расстояния с высокой точностью (до долей миллисекунды) должны быть зарегистрированы также и моменты времени, в которые наблюдения выполнены. Это проводится с помощью точных *кварцевых часов*.

Узкий, очень короткий луч света испускается квантовым генератором (лазером) в сторону спутника. На спутнике он отражается уголковым отражателем, особенность которого состоит в том, что после отражений от трех граней призмы полного внутреннего отражения (рис. 1) направление луча изменяется на строго противоположное. Таким образом отраженный от спутника лазерный импульс возвращается к дальномеру.

Лазерный дальномер имеет счетчик интервалов времени, который включается в момент



Рис. 1. Луч, отраженный от трех граней призмы, меняет свое направление на противоположное.



Рис. 2. Лазерный спутниковый дальномер «Интеркосмос».

выхода импульса света из дальномера и выключается в момент возвращения отраженного света. На лазерных дальномерах применяют счетчики времени, регистрирующие интервалы времени с точностью 1:1 000 000 000 с (такая единица времени называется наносекундой) и даже точнее. Это позволяет определять расстояния до спутника с точностью 10—15 см.

На рис. 2 изображен лазерный спутниковый дальномер «Интеркосмос», созданный в результате научного сотрудничества ученых СССР, Чехословакии, ГДР, Венгрии и Польши. С помощью таких дальномеров по программам, разработанным Академией наук СССР, широко проводятся наблюдения искусственных спутников Земли.

На таком же принципе построены лазерные дальномеры для определения расстояний до Луны. Они монтируются обычно на больших телескопах. В этом случае луч света на Луне отражается от уголковых отражателей, смонтированных на советских *луноходах*.

ЛИБРАЦИЯ ЛУНЫ

Либрация Луны — малые периодические покачивания для земного наблюдателя деталей видимого диска Луны около общего центра. Из-за совпадения двух периодов — вращения Луны вокруг оси и обращения вокруг Земли — Луна постоянно обращена к Земле одним и тем же, так называемым видимым полушарием (см. *Луна*). Однако вследствие либрации с Земли наблюдается не 50, а 59% лунной поверхности.

Рассмотрим рис. 1, на котором преувеличенно вытянутой показана эллиптическая орбита Луны относительно Земли. Пусть в момент *A* в центре диска Луны видна точка ее поверхности *a*. Через четверть месяца Луна окажется в точке *B*, причем за это время она сделает ровно четверть оборота вокруг своей оси. При наблюдении с Земли точка *a* уже не будет видна в центре диска, а сместится к востоку от него. В положении *C* точка *a* возвратится в центр видимого диска Луны, а в положении *D* отступит к западу. Описанное явление называется либрацией по долготе и достигает в максимуме ±7°45′.

Либрация по широте возникает из-за накло-

Рис. 1. Схема либрации Луны по долготе.

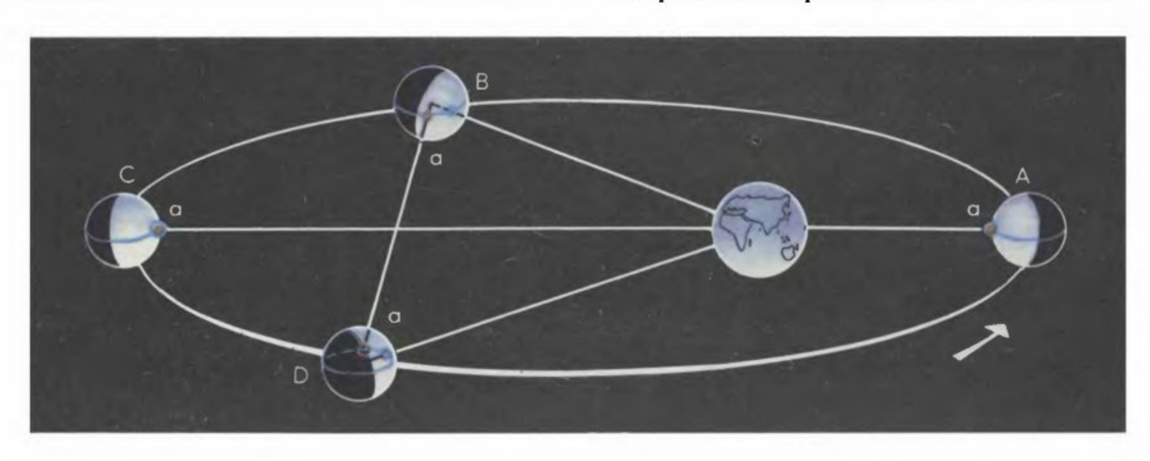
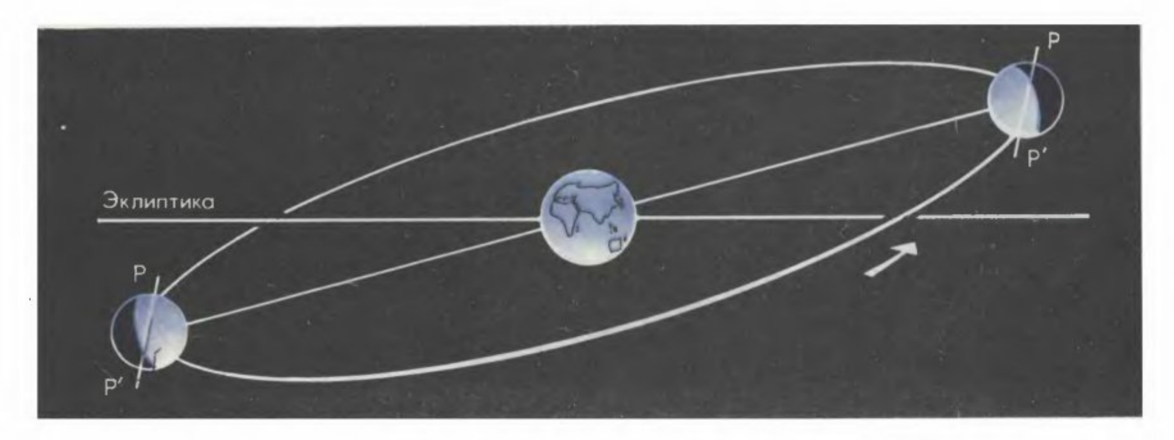


Рис. 2. Схема либрации Луны по широте.



на плоскости лунной орбиты к *эклиптике* (рис. 2). Поскольку в течение одного оборота около Земли ось вращения Луны практически не меняет своего положения в пространстве, то, как следует из рис. 2, в двух противоположных точках орбиты мы наблюдаем то северный полюс Луны P, то южный — P'. Либрация по широте в максимуме достигает $\pm 6°41'$.

Оба описанных явления носят общее название оптической либрации. Дополнительные эффекты либрации возникают из-за суточного вращения Земли, когда положение наблюдателя относительно Луны изменяется на величину диаметра Земли (суточная либрация, доходящая до 1°), и вследствие неравномерного гравитационного притяжения Земли (физическая либрация, доходящая до 2′).

ЛИНИЯ ПЕРЕМЕНЫ ДАТЫ

Линия перемены даты — условная линия на поверхности земного шара, проходящая в основном по меридиану 180° и разграничивающая места, имеющие при одинаковом показании часов календарные даты, отличающиеся на один день.

Положение линии перемены даты изображено на карте часовых поясов, данной к статье *Измерение времени.*

Необходимость установления линии перемены даты вызвана следующими обстоятельствами. При кругосветном путешествии с запада на восток путешественник пересекает пункты, где часы, идущие по местному (или поясному) времени, показывают все большее время по сравнению с местным (поясным) временем пункта отправления. Постепенно переводя стрелки своих часов вперед, к концу кругосветного путешествия, когда он оказывается в пункте отправления, путешественник насчитывает одни лишние сутки. И наоборот, при кругосветном путешествии с востока на запад не досчитывается одних суток. Во избежание связанных с этим ошибок в счете дней по международному соглашению и установлена линия перемены даты.

К западу от линии перемены даты число месяца (дата) всегда больше на единицу, чем к востоку от нее. Поэтому после пересечения линии перемены даты с востока на запад нужно увеличить календарное число на единицу, а после пересечения ее с запада на восток, наоборот, уменьшить на единицу.

Так, если корабль пересекает линию перемены даты 1 мая, идя с запада на восток, то на корабле, в полночь, следующую после пересечения этой линии, дата не меняется, т. е. 2 дня подряд датируются как 1 мая. И наоборот, если корабль пересекает эту линию 1 мая в противоположном направлении, дата в полночь меняется сразу на 3 мая.

Соблюдение правила, описанного выше, исключает ошибку в счете дней. С ней впервые столкнулись участники первой кругосветной экспедиции Магеллана в 1519—1522 гг.: когда экспедиция вернулась на родину, выяснилось, что путешественники и местные жители разошлись в счете дней и чисел месяца на 1 сут.

На линии перемены даты начинается новый день, новый календарный месяц и новый год.

ЛУНА

Луна — ближайшее к *Земле* небесное тело, естественный спутник нашей планеты. Она обращается вокруг Земли на расстоянии около 400 тыс. км, т. е. всего 30 поперечников земного шара. Диаметр Луны лишь в 4 раза меньше земного, он равен 3476 км. В отличие от сжатой у полюсов Земли Луна по форме гораздо ближе к правильному шару.

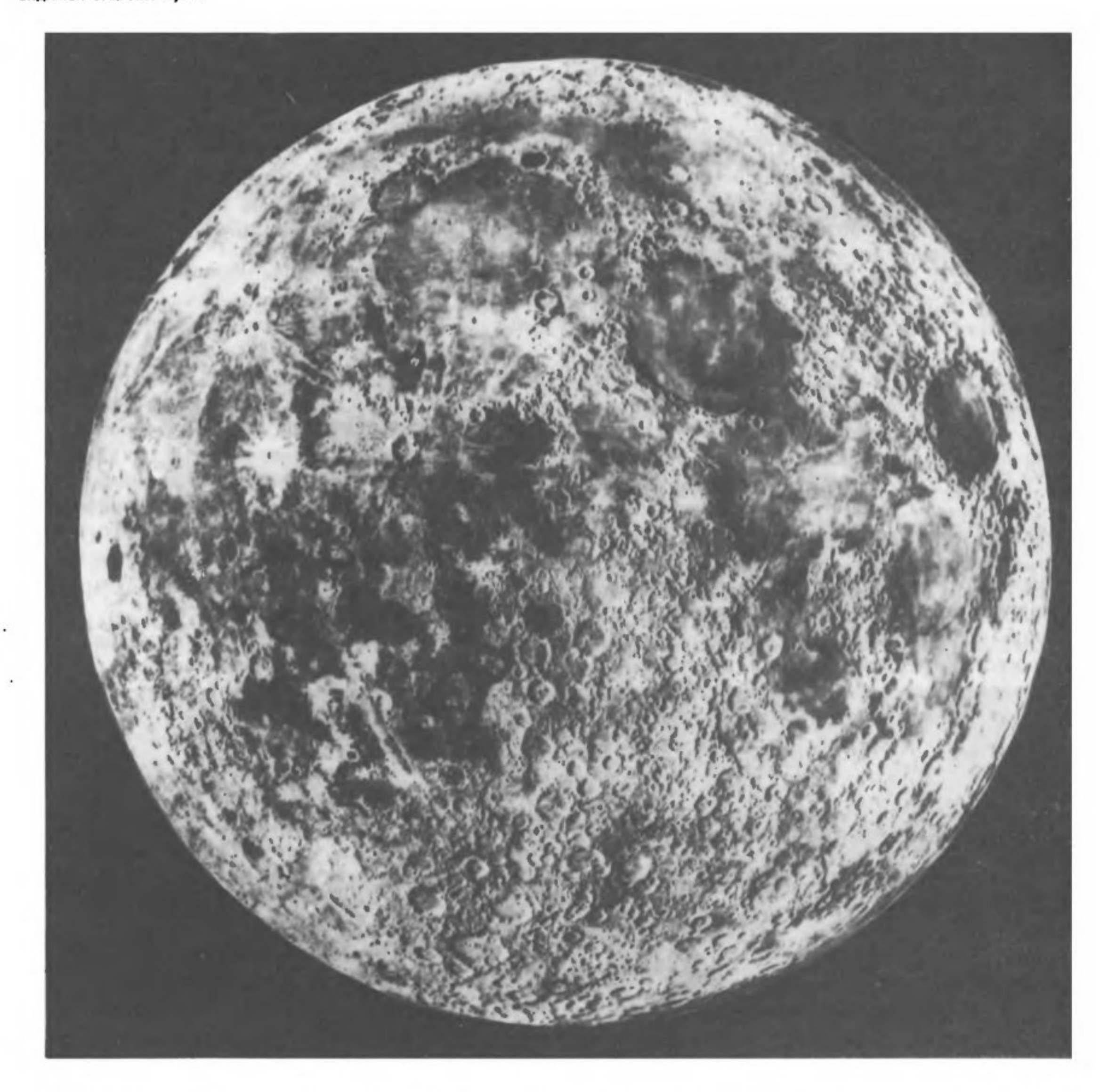
Темный шар Луны виден на небосклоне лишь благодаря отраженному солнечному свету. Внешний вид Луны зависит от взаимного расположения *Солнца,* Земли и Луны. За 29,5 сут — период возвращения Луны в первоначальное положение относительно Земли и Солнца — он претерпевает полный цикл изменений — смену лунных фаз (см. *Фазы Луны и планет*).

Циклическое изменение вида Луны от узкого серпа до полного диска привлекало внимание людей уже в глубокой древности. Смена лунных фаз запечатлена в наскальных рисунках пещерного человека, жившего 35 тыс. лет назад. Недалеко от деревни Гонцы на Украине нашли клык мамонта, испещренный насечками. Возраст находки — 10—15 тыс. лет. Анализ чередования длинных и коротких насечек приводит к выводу, что клык хранил результаты наблюдений фаз Луны.

Причины изменения вида Луны, закономерности наступления затмений, влияние Луны на природные явления оставались непостижимыми для древнего человека, и Луна становилась объектом обожествления, религиозного поклонения. Прошли тысячелетия, прежде чем выяснилось, что в некоторых случаях воздействие Луны на Землю действительно существует. Так, с открытием закона всемирного тяготения было доказано, что именно Луна вызывает приливы в морях и океанах. Вместе с тем до наших дней сохранились, например, живучие поверья о влиянии Луны на погоду: предубеждения, с научной точки зрения не имеющие сколько-нибудь серьезных оснований.

Если смотреть со стороны Северного полюса, Луна, как и все *планеты* и спутники *Солнеч-*

Телескопическая фотография видимой стороны Луны.



ной системы, обращается вокруг Земли в направлении против часовой стрелки. На один оборот вокруг Земли она затрачивает 27,3 сут. Такой промежуток времени называется сидерическим или звездным месяцем. Время одного оборота Луны вокруг Земли в точности равно времени одного оборота ее вокруг оси. Поэтому Луна постоянно повернута к Земле одной и той же стороной.

Предполагают, что в ранние периоды своей истории Луна вращалась вокруг оси несколько быстрее и, следовательно, поворачивалась к Земле разными частями своей поверхности. Но из-за близости массивной Земли в твердом теле Луны возникали значительные приливные волны. Они действовали на быстро вращающуюся Луну. Процесс торможения Луны продолжался до тех пор, пока она не оказалась постоянно повернутой к Земле только одной стороной. Отсюда возникли понятия видимой и обратной стороны Луны. Лишь благодаря либрации мы имеем возможность наблюдать с Земли кроме видимой стороны Луны еще и примыкающие к ней узкие полоски территории обратной ее стороны. В общей сложности с Земли можно увидеть 59% лунной поверхности.

Наблюдения Луны с древности играли важную роль в развитии *астрономии.* Вавилонские звездочеты использовали смену лунных фаз как основную единицу для измерения длительных промежутков времени (см. *Календарь*). Форма края земной тени при лунных затмениях (см. *Затмения Солнца и Луны*) послужила древнегреческому философу и ученому Аристотелю одним из веских доказательств шарообразности Земли.

Итальянский ученый *Г. Галилей* первым об-

Фотография Луны из космоса, на которой частично видна ее обратная сторона.



наружил изрезанность лунной поверхности. Оказалось, что она покрыта темными пятнами — равнинами. Их назвали морями. От них отличали «материки» — более светлые области, изобилующие хребтами, ущельями и очень характерными кольцевыми образованиями — кратерами, крупнейшие из которых называли также цирками. Многие кратеры имеют посередине центральную горку.

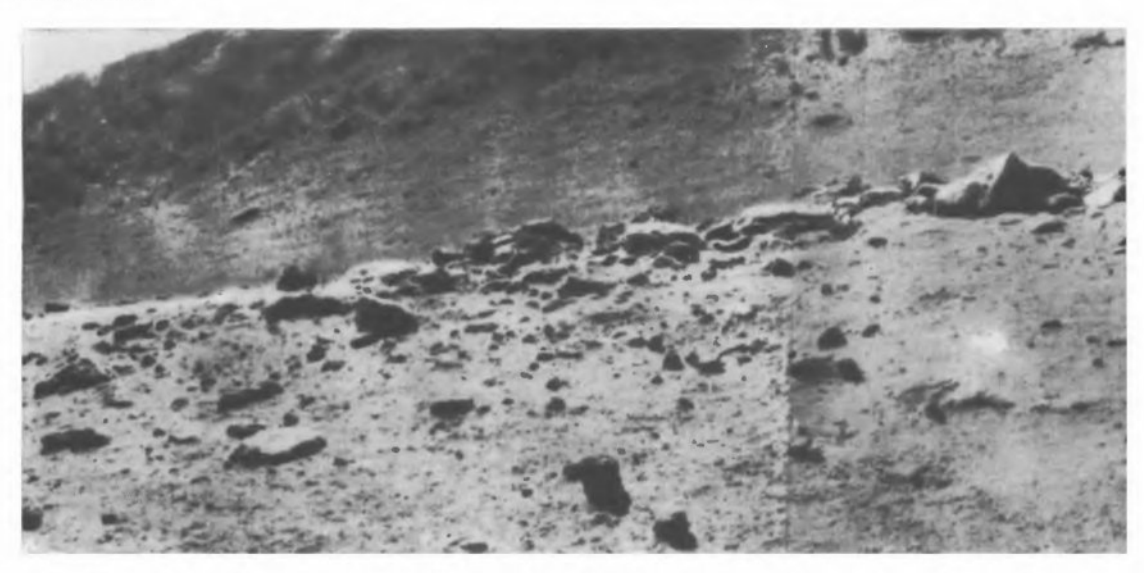
При составлении лунных карт многие детали лунного рельефа получили собственные имена. Для хребтов употребляли названия земных горных систем — Альпы, Апеннины, Кавказ, а кратерам присваивали имена астрономов и математиков. Так, один из кратеров стал называться Коперник, есть также кратеры Кеплер, Ньютон и т. д. На картах Луны появились Океан Бурь, Море Дождей, Море Спокойствия.

Луну без конца обживали персонажи фантастических книг. Ее посещали герои английского романиста XVI в. Ф. Годвина, француза Сирано де Бержерака, американца Эдгара По. О полетах на Луну писали Жюль Верн, Герберт Уэллс, Александр Беляев, Айзек Азимов, Станислав Лем. На деле космические трассы к этому небесному телу были проложены советской наукой и техникой.

Первая карта обратной стороны Луны и первый полный лунный глобус были составлены уже в XX в. советскими астрономами: 7 октября 1959 г. советская автоматическая межпланетная станция «Луна-3», совершив облет Луны, сфотографировала ее обратную сторону. Это были первые телефотографии, переданные из космического пространства.

По предложению советских астрономов Международный астрономический союз поместил

Крупномасштабная панорама поверхности Луны, полученная с «Лунохода-2».

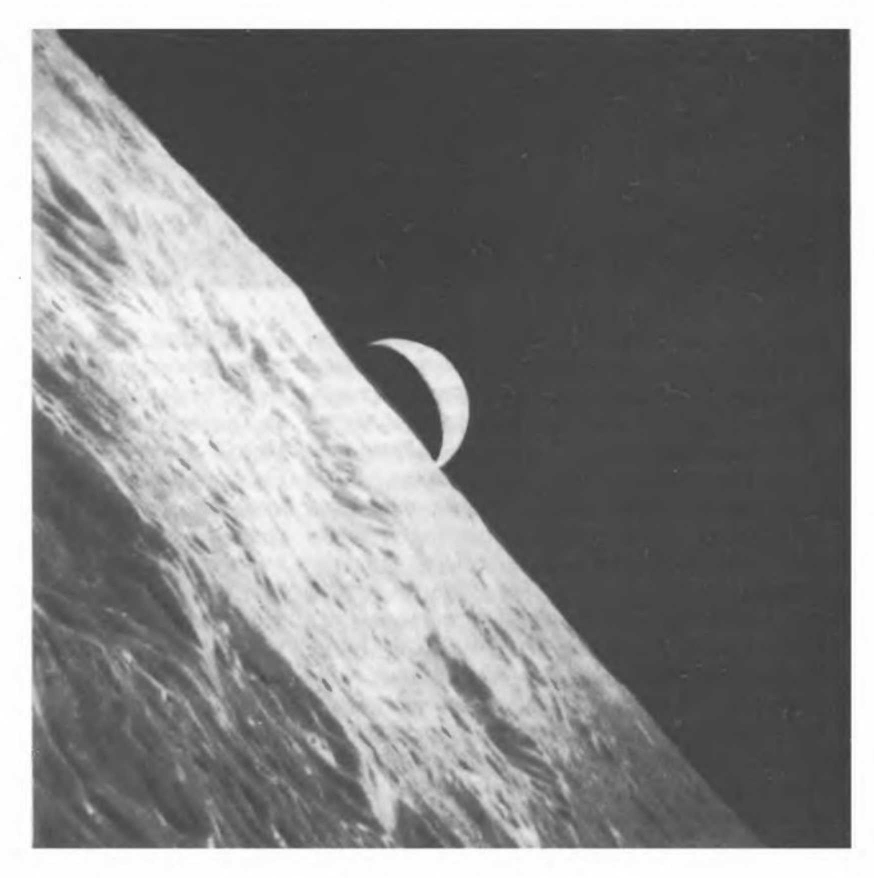


на первую карту обратной стороны Луны 18 названий вновь открытых образований. Появились на Луне Море Москвы, кратеры Герц, Курчатов, Ломоносов, Максвелл, Менделеев, Попов, Склодовская-Кюри, Циолковский и др.

Фотографирование обратной стороны Луны было завершено в 1965 г. другой советской автоматической станцией — «Зонд-3». В новых названиях на Луне увековечены более пятисот деятелей мировой науки и техники, которые посвятили свою жизнь прогрессу человечества. Среди них — выдающиеся советские конструкторы ракетно-космических систем, создатели многих лунных автоматов академик С. П. Королев и Г. Н. Бабакин.

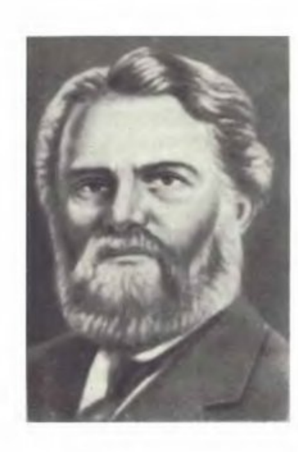
Космические полеты к Луне обусловили бурное развитие исследований в области геологии, геохимии и геофизики этого небесного те-

Земля в форме узкого серпа восходит над горизонтом Луны.



По поверхности Луны американские космонавты передвигались с помощью лунохода «Ровер».

САЙМОН НЬЮКОМ (1835—1909)



Американский астроном Саймон Ньюком родился в Канаде в городе Уоллисе в семье сельского учителя. Отец его вынужден был переезжать из селения в селение в мало обжитом тогда краю, и все первоначальное обучение маленького Саймона ограничивалось довольно скудной домашней библиотекой. В 1853 г. Ньюком переехал в США.

Математику и астрономию Ньюком начал изучать самостоятельно, затем в течение года учился в Гарвардском университете, который окончил в 1858 г. В 1861—1887 гг. Ньюком работал профессором математики в Морской академии и одновременно астрономом-наблюдателем Морской обсерватории в Вашингтоне. В течение 20 лет (1877—1897) он был руководителем Американского морского астрономического ежегодника.

Научные интересы Ньюкома были весьма разнообразны. Им выполнены крупные работы, относящиеся к небесной механике, астрометрии, навигационной астрономии. Его фундаментальные исследования движения планет, в частности теории движения Нептуна, высоко оценены астрономами всего мира. Вычисленными Ньюкомом астрономическими постоянными пользуются до настоящего времени, на них основываются все исследования по небесной механике и астрометрии.

Ньюком внес большой вклад в усовершенствование теории движения Луны. Он собрал и обработал все сохранившиеся наблюдения Луны, начиная с древнейших времен. Ньюком занимался также теорией солнечных затмений, проблемой происхождения малых планет.

Ньюком был талантливым популяризатором науки, им написаны известные книги «Астрономия в общепонятном изложении», «Астрономия для всех», не утратившие значения и в наши дни.

ла. Луна стала одним из тех небесных тел, изучение которого помогает ученым лучше понять особенности строения планеты Земля, на которой мы живем. 20 июля 1969 г. на Луну впервые высадился человек.

За годы космической эры в СССР и США с участием ученых многих стран было осуществлено несколько программ лунных исследований (см. *Автоматические межпланетные станции; Космические корабли; Луноход*).

Особенно большое значение для понимания природы Луны имела доставка на Землю образцов лунного грунта. Их анализ доказал полное отсутствие в поверхностном слое Луны органических соединений. Изучение лунного грунта дало возможность установить точный химический состав лунных пород и их возраст. Выяснилось, что возраст Луны и Земли одинаков: им по 4,6 млрд. лет.

Что же представляет собой наш спутник? В недрах Луны выделяют различные по свойствам ядро, мантию и кору. В мантии Луны залегают очаги лунотрясений, частота которых регулярно изменяется в зависимости от положения Луны на орбите по отношению к Земле.

Луна полностью лишена воды; названия «моря», «мысы», «заливы» сохраняются на лунных картах только по традиции. Лунные моря совершенно сухи и представляют собой обширные, залитые некогда базальтовой лавой низины. Об этом говорят поднимающиеся местами среди морей гребни кольцевых валов — следы кратеров, погребенных под лавовыми потоками. Под лунными морями располагаются так называемые масконы — районы повышенной плотности вещества. Возникновение масконов связано с особенностями образования лунных морей.

Лунные моря вкраплены в материки, которые сложены анортозитами, т. е. горными породами, претерпевшими долгую и сложную эволюцию.

В отдельных местах лунной поверхности

ФОТОГРАФИРОВАНИЕ ЛУНЫ



Для фотографирования Луны нужен длиннофокусный объектив; нормальный объектив с фокусным расстоянием 50 мм даст на негативе изображение Луны диаметром всего около 0,5 мм, в то время как фокусное расстояние 1000 мм позволит получить изображение диаметром 9 мм. Школьный телескоп-рефрактор, имеющий фокусное расстояние 800 мм, обеспечит изображение Луны диаметром 7,2 мм.

При фотографировании Луны следует взять фотопленку малой чувствительности — 32 единицы ГОСТа и проявлять ее в мелкозернистом проявителе. Это в дальнейшем позволит сделать отпечатки Луны с большим увеличением (10—20 раз).

Луна — яркий небесный объект, для ее фотографирования достаточно экспозиции в доли секунды; поэтому работать можно неподвижно укрепленной камерой, не пользуясь экваториальной установкой. Для фотографирования удобно использовать зеркальный фотоаппарат, например «Зенит». Из фотоаппарата нужно вывинтить объектив, а с телескопа снять окуляр. Изготовьте специальный соединительный патрубок и с его помощью присоедините фотоаппарат к окулярному концу телескопа. Таким образом вы получите фотографическую камеру, в которой роль объектива выполняет объектив телескопа, а в качестве кассетной части служит фотоаппарат. В патрубке сделайте специальные пазы для желтого светофильтра (например, ЖС-17). Такой светофильтр можно приобрести в магазине фототоваров.

Направьте телескоп на Луну и, наблюдая ее в видоискатель фотоаппарата, кремальерой телескопа отфокусируйте изображение. Сделайте несколько снимков Луны с различными экспозициями (1 с, 1/30 с, 1/60 с). Проявив фотопленку, найдите негатив, на котором изображение Луны имеет нормальную плотность, и уточните, с какой экспозицией он получен. Эта экспозиция и будет в дальнейшем служить рабочей при фотографировании Луны.

Фотографируя Луну в разных фазах и делая с негативов фотоотпечатки, вы сможете составить фотографический атлас Луны, который с успехом можно использовать в школьном кабинете астрономии.

Используя метод, описанный в статье *Фотографирование Солнца* (на с. 313), можно получить большие увеличения. Однако при этом нужна будет длительная экспозиция. Но чтобы изображение Луны не смазалось, фотокамера должна быть смонтирована на экваториальной установке. При больших увеличениях на снимке получатся отдельные участки лунной поверхности, с их помощью вы можете составить подробный фотографический атлас Луны. Для того чтобы получить высококачественные негативы и отпечатки Луны, нужно большое прилежание, терпение и эксперименты. Но конечный результат компенсирует ваши труды: увеличенные фотоснимки хорошего качества позволят вам увидеть много новых подробностей лунного ландшафта.

наблюдаются кратковременные истечения газов. Однако Луна в целом лишена атмосферы, и ветры, которые разрушают горные породы на Земле, на Луне отсутствуют. Вместе с тем из-за отсутствия атмосферы бесчисленные следы на лунной поверхности оставляют *метеориты*.

Часть огромных кратеров-цирков на лунной поверхности, имеющих различный возраст, обязана своим происхождением внутренним процессам в недрах Луны, большая же часть связана с метеоритными ударами. Постоянная бомбардировка Луны крошечными метеоритами является причиной того, что вся ее поверхность на несколько метров вглубь, словно ватным одеялом, укрыта слоем мелкого раздробленного спекшегося вещества, образующего как бы слежавшуюся губчатую массу. Этот тонкий слой лунной поверхности называют реголитом.

Реголит служит прекрасным термоизоляционным материалом. Вообще колебания температуры на поверхности Луны очень велики. На экваторе они составляют от +130°C в лунный полдень до —170°C ночью. Очень резкие колебания температуры происходят в процессе лунных затмений. Однако благодаря слою реголита указанные перепады температур распространяются до глубины всего в несколько десятков сантиметров. Ниже температура лунных пород остается постоянной. Так же как на Земле, вследствие притока тепла из недр, температура в теле Луны медленно возрастает с глубиной.

Масса Луны всего в 81,3 раза меньше массы Земли и равна $7{,}25 \cdot 10^{25}$ г. Это ставит Луну на совершенно особое место среди спутников всех других планет, которые меньше своих «хозяев» по крайней мере в тысячи раз. Добавим, что Луна находится вне атмосферы, где сила тяготения центрального тела — Земли превосходит силу тяготения Солнца. Вследствие этих особенностей некоторые ученые склонны рассматривать систему Земля — Луна как уникальную «двойную планету».

Средняя плотность Луны составляет 3,34 г/см^3. Она примерно соответствует плотности верхней оболочки Земли — ее коры. Сила тяжести на поверхности Луны в 6 раз меньше, чем на Земле. Американским космонавтам, совершившим высадку на поверхности Луны, пришлось осваивать особые приемы лунной ходьбы, которые назвали «стиль кенгуру».

Специальные астрономические исследования показали, что у Луны нет естественных спутников.

Разнообразные данные, полученные в результате полетов космических аппаратов, проливают новый свет на происхождение Луны и дают ключ к разгадке многих тайн Солнечной системы.

ЛУНОХОД

10 ноября 1970 г. с *Земли* стартовала советская автоматическая станция «Луна-17». Она доставила на поверхность нашего естественного спутника самоходный аппарат «Луноход-1», предназначенный для комплексных исследований лунной поверхности. «Луна-17» совершила мягкую посадку в западной части Моря Дождей 17 ноября. В тот же день «Луноход-1» сошел с посадочной ступени станции по специальному трапу и начал свое путешествие по лунной поверхности, продолжавшееся почти год — с 17 ноября 1970 г. по 4 октября 1971 г. За это время аппарат прошел 10,5 км.

«Луноход-1» состоял из двух основных частей: герметичного приборного отсека и 8-колесного шасси. Каждое из 8 колес шасси было ведущим и имело электродвигатель, расположенный в ступице колеса. Управлял движением лунохода экипаж, находившийся на Земле, в Центре дальней космической связи.

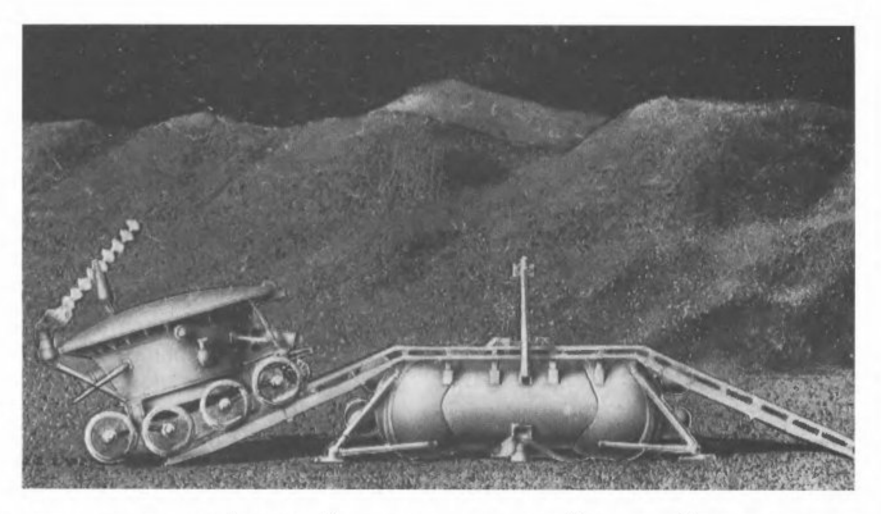
В приборном отсеке лунохода помимо служебных систем находилась научная аппаратура: прибор для анализа химического состава лунного грунта, прибор для исследования механических свойств грунта, радиометрическое оборудование, рентгеновский телескоп и лазерный уголковый отражатель французского производства.

За время своей работы «Луноход-1» детально обследовал лунную поверхность на площади 80 000 м^2. Телевизионные системы аппарата передали на Землю более 200 панорам и свыше 20 000 отдельных снимков лунной поверхности. Были получены новые данные о фи-

«Луноход-2».



Луноход сходит на лунную поверхность (макет).



зико-механических и химических свойствах лунного грунта.

С помощью «Лунохода-1» ученые исследовали характер и особенности типичного лунного моря — Моря Дождей. Оказалось, что обследованный район по своей структуре близок к прежде изученным морским районам экваториальной зоны Луны. Ученые узнали, что в этом районе мало каменистых кратеров с четкими формами рельефа. Отсюда они сделали вывод, что процесс образования кратеров на поверхности Луны идет медленно и со временем контуры кратеров сглаживаются. Большинство таких кратеров образовались при ударах и взрывах *метеоритов,* падавших на поверхность Луны.

Результаты анализа химического состава пород показали, что горные породы в районе исследований по составу близки к базальтам. Эти данные подтвердили гипотезу об интенсивной деятельности вулканов на Луне на ранних этапах ее существования. При извержении вулканов на поверхность Луны изливалась расплавленная базальтовая магма. Базальты широко распространены и на Луне, и на Земле. Это свидетельствует о том, что начальный этап формирования всех планет земной группы проходил одинаково.

16 января 1973 г. автоматическая станция «Луна-21» доставила в восточную часть Моря Ясности (в кратер Лемонье) «Луноход-2». Этот самоходный автоматический аппарат имел усовершенствованные конструкцию и бортовые системы, а также дополнительную научную аппаратуру. Это значительно повысило маневренность лунохода и позволило выполнить большой объем научных исследований. За более короткое по времени путешествие (4 месяца) «Луноход-2» проделал путь в 37 км и передал на Землю 86 панорам и свыше 80 000 снимков лунной поверхности. Он обследовал зону сочленения морских и материковых районов Луны.

Интересный астрономический эксперимент был выполнен на «Луноходе-2» с помощью *астрофотометра.* Он заключался в определении светимости лунного неба в видимой и ультрафиолетовой областях спектра (см. *Электромагнитное излучение небесных тел*).

Ученые пытались выяснить, насколько небо на Луне темнее, чем на Земле, т. е. насколько условия наблюдения с Луны далеких звездных миров лучше, чем с Земли или с орбиты спутника Земли. Результат оказался неожиданным. Выяснилось, что светимость лунного неба значительно выше, чем предполагали ученые. Анализируя полученные результаты, астрономы пришли к выводу, что Луна окружена слоем пылевых частиц, сильно рассеивающих солнечный свет и отраженный свет Земли.

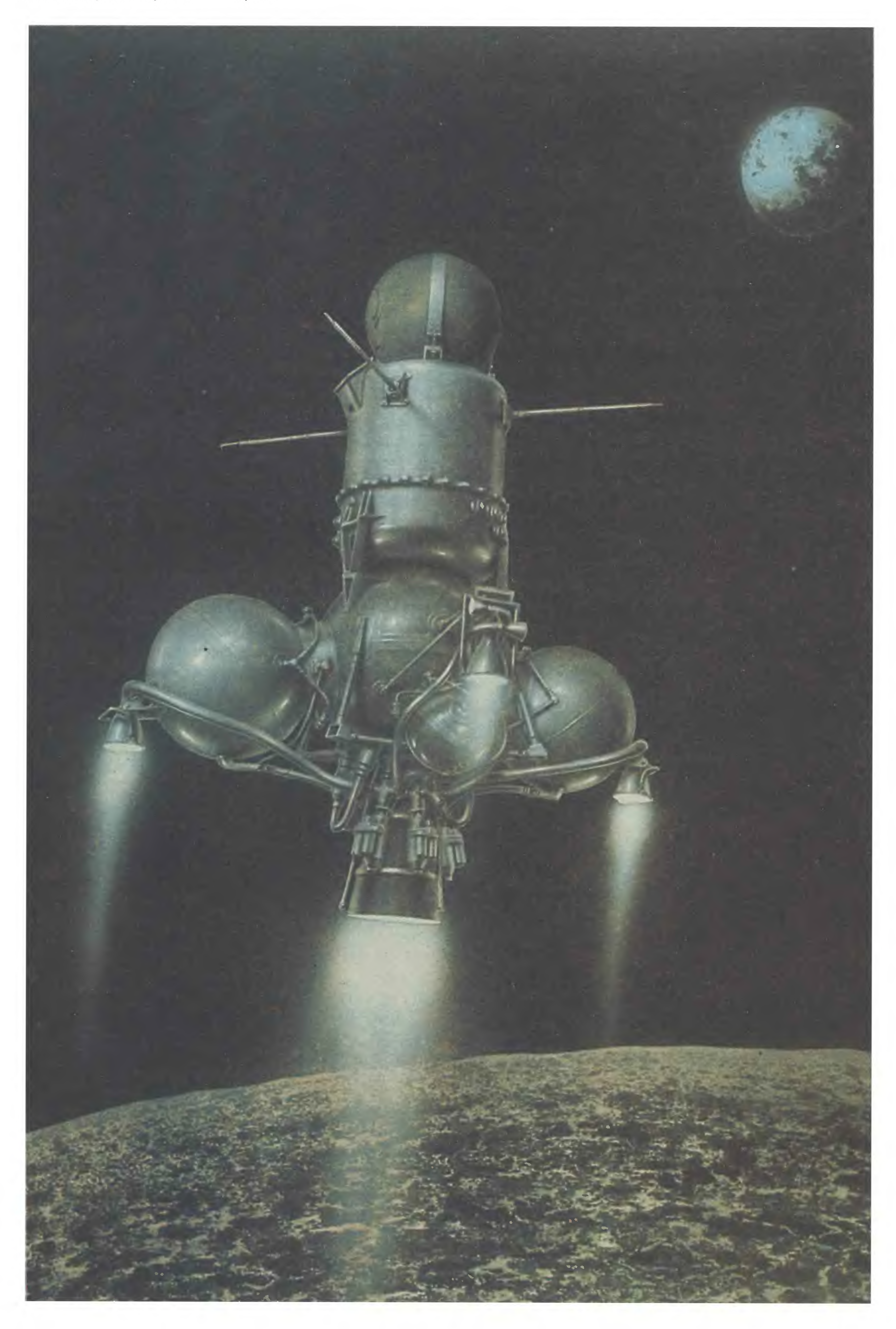
В трех экспедициях на Луну космических кораблей «Аполлон» американские космонавты передвигались по лунной поверхности на двухместных луноходах «Ровер». Эти аппараты значительно облегчили космонавтам работу на Луне и позволили им удаляться от точки посадки на расстояния до 27—35 км.

Луноходы — разновидность планетоходов. Это космические машины принципиально нового типа. В отличие, например, от спускаемых аппаратов *автоматических межпланетных станций,* которые проводят измерения в какой-то одной точке на поверхности планеты, планетоходы будут исследовать обширные пространства поверхностей планет и их спутников. Уже существует проект марсоходов, и, возможно, в недалеком будущем мы станем свидетелями путешествия планетохода по поверхности *Марса.*

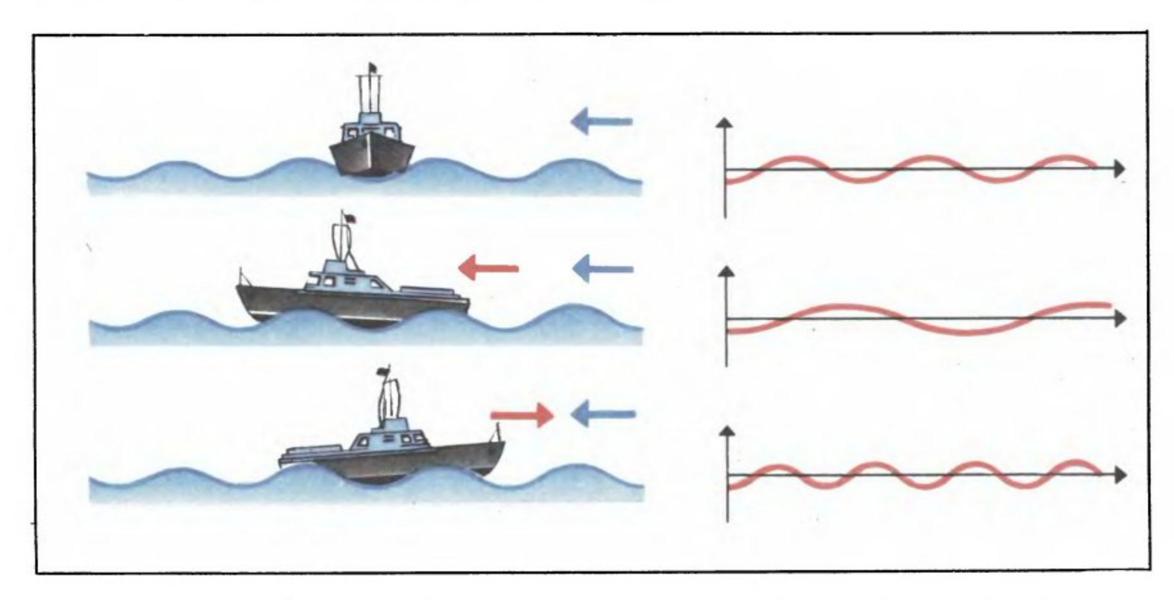
ЛУЧЕВАЯ СКОРОСТЬ

Лучевая скорость — это скорость, с которой тело приближается к наблюдателю или удаляется от него. Эту скорость можно представить как проекцию вектора полной скорости

Возвращаемая ракета «Луна—Земля» с образцом лунного грунта стартует с поверхности Луны.



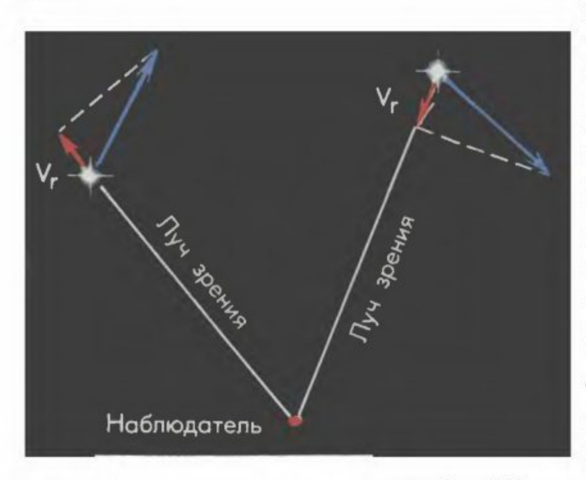
Наглядное изображение эффекта Доплера. Расстояния между гребнями волн кажутся больше, если волны догоняют наблюдателя, и меньше, если наблюдатель движется им навстречу.



тела относительно наблюдателя на луч зрения, т. е. на прямую линию, соединяющую его с наблюдателем. Если объект движется перпендикулярно лучу зрения, его лучевая скорость равна нулю, а если вдоль луча зрения — она равна полной скорости объекта.

Лучевую скорость небесных тел определяют по их спектру, с помощью эффекта Доплера. Он заключается в том, что длина волны (или частота) распространяющихся колебаний (звуковых, световых или любых других) меняется при перемещении источника колебаний и наблюдателя относительно друг друга. Когда наблюдатель движется навстречу распространяющимся волнам, он воспринимает большее число колебаний за единицу времени, чем неподвижный наблюдатель. Частота колебаний для него возрастает, а длина волны, соответственно, уменьшается. Если же волны догоняют наблюдателя, то он фиксирует уменьшение частоты и увеличение длины волны. Изменение длин волн световых колебаний приводит к тому, что все спектральные линии в спектре источника смещаются в сторону длинных волн, если лучевая скорость его направлена от наблюдателя (красное смещение), и в сторону коротких волн, если направление лучевой скорости — к наблюдателю (фиолетовое смещение). Если скорость источника мала по сравнению со скоростью света (300 000 км/с), то смещение линии и лучевая скорость связаны простым соотношением: лучевая скорость равна скорости света, умноженной на изменение длины волны любой спектральной линии и деленной на длину волны этой же линии в неподвижном источнике. Так определяют лучевую скорость небесных тел. Такое определение пригодно для любых длин волн — и в оптическом, и в радио-, и в рентгеновском диапазоне, но пользоваться им можно только в том случае, если лучевая скорость значительно меньше скорости света. Если эти скорости сравнимы, приходится использовать более сложные формулы. Для *планет* и большинства близких *звезд* лучевая скорость составляет единицы или десятки километров в секунду, скорости самых быстрых звезд *Галактики* не превышают 300 км/с. Большинство *галактик* удаляются от нас: мы наблюдаем красное смещение линий в их спектрах.

Лучевая скорость — проекция скорости звезды в пространстве (голубая стрелка) на луч зрения.



Измерения лучевых скоростей небесных тел — очень важный метод астрономических исследований. С его помощью, например, изучают движение звезд и оценивают их массы, исследуют характер движения вещества на *Солнце,* в газовых туманностях и др.

М

МАГЕЛЛАНОВЫ ОБЛАКА

Магеллановы Облака (Большое и Малое) — две небольшие неправильные галактики, ближайшие спутники нашей *Галактики*. Расположены в Южном полушарии неба и поэтому невидимы на территории СССР. Впервые они были описаны одним из участников кругосветного путешествия Магеллана, отсюда и название — Магеллановы. При наблюдении невооруженным глазом Магеллановы Облака выглядят как две сияющие туманности. Большое Магелланово Облако имеет в диаметре около 7 кпс, а Малое — 3 кпс, расположены они на расстояниях соответственно 52 и 63 кпс. Магеллановы Облака входят в *Местную группу галактик*.

По мнению некоторых астрономов, в Магеллановых Облаках можно различить зачатки спиральной структуры. Однако никакой концентрации или симметрии по отношению к центру вращения, как это свойственно спиральным галактикам, у них нет. В Большом Магеллановом Облаке помимо вытянутого главного тела — перемычки наблюдаются не связанные с ней обширные группы горячих звезд и светлых туманностей, состоящих из ионизованного водорода. В обоих Облаках, особенно Большом, находится множество звездных скоплений, различных по возрасту и числу звезд. Есть там и отсутствующие в нашей Галактике молодые шаровые скопления, и обычные старые шаровые скопления.

Особое внимание привлекает находящаяся в Большом Магеллановом Облаке гигантская газовая туманность 30 Золотой Рыбы (Тарантул). В центре туманности сконцентрировано скопление горячих звезд весьма высокой светимости. По некоторым характеристикам, в том числе и по радиоизлучению, эта область напоминает *ядра галактик*. Здесь активно идет процесс образования звезд больших масс. Друг с другом и, по-видимому, с нашей Галактикой Облака связаны газовой перемычкой.

Большое Магелланово Облако.



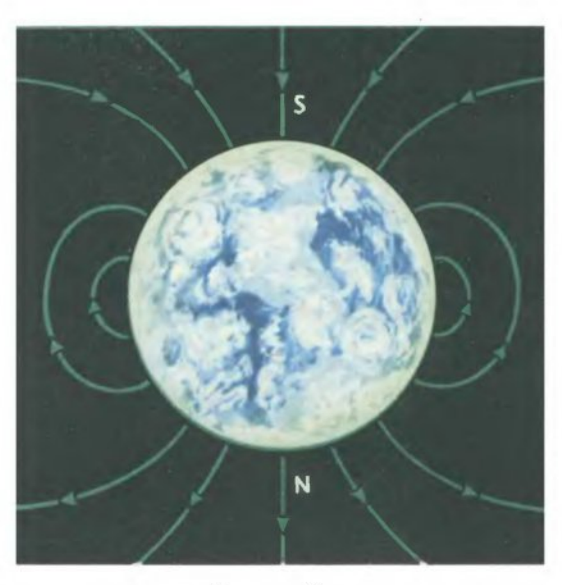
МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ

Если длинный и тонкий магнитный стержень — магнитную стрелку — укрепить на острие или подвесить так, чтобы она могла свободно вращаться, то в каждой точке вблизи земной поверхности под действием магнитного поля *Земли* она всегда установится приблизительно в одном и том же направлении (с севера на юг). С давних пор известен компас, использующий это свойство и имеющий большое значение в морской и воздушной навигации. Точное знание магнитного поля для возможно большего числа пунктов на Земле чрезвычайно важно для науки и практики, поэтому в течение суток изо дня в день на магнитных обсерваториях, распределенных по всему земному шару, ведутся систематические магнитные наблюдения. Первая магнитная карта была опубликована в 1701 г. Э. Галлеем, который собрал наблюдения многих моряков за направлением магнитной стрелки. В настоящее время карты магнитного поля составляются также при помощи магнитометров, установленных на искусственных спутниках Земли.

Удобным и наглядным способом графического изображения магнитного поля служит построение его силовых линий, касательные к которым в каждой точке указывают направление поля. Наглядно это видно на следующем опыте. Положим на магнит лист стекла, сверху насыплем на него немного железных опилок и слегка встряхнем его. Опилки расположатся в виде цепочек, которые и покажут направление силовых линий поля. Густота этих линий, т. е. число линий, проходящих через единицу поверхности, будет характеризовать величину напряженности магнитного поля. В первом приближении на не слишком больших удалениях от поверхности Земли ее магнитное поле таково, как если бы земной шар представлял собой магнит с осью, направленной приблизительно с севера на юг, проходящей через центр Земли и наклоненной на 11° к оси вращения Земли (рис. 1). Лучшее приближение к наблюдаемому на Земле полю дает магнитный диполь, смещенный относительно центра Земли на ≈436 км.

Напряженность магнитного поля составляет у полюса 0,62 Гс, у экватора — 0,31 Гс. Координаты северного магнитного полюса 76° с. ш., 101° з. д.; южного — 66° ю. ш., 140° в. д. Наблюдается множество нерегулярных отклонений от чисто дипольного поля. В современную эпоху северный полюс диполя расположен в Южном полушарии. На основе изучения намагниченности изверженных и осадочных пород на суше и морском дне получены указания на то, что дипольное поле Земли иногда имело почти противоположное направление по сравнению с настоящим. Происхождение собственного

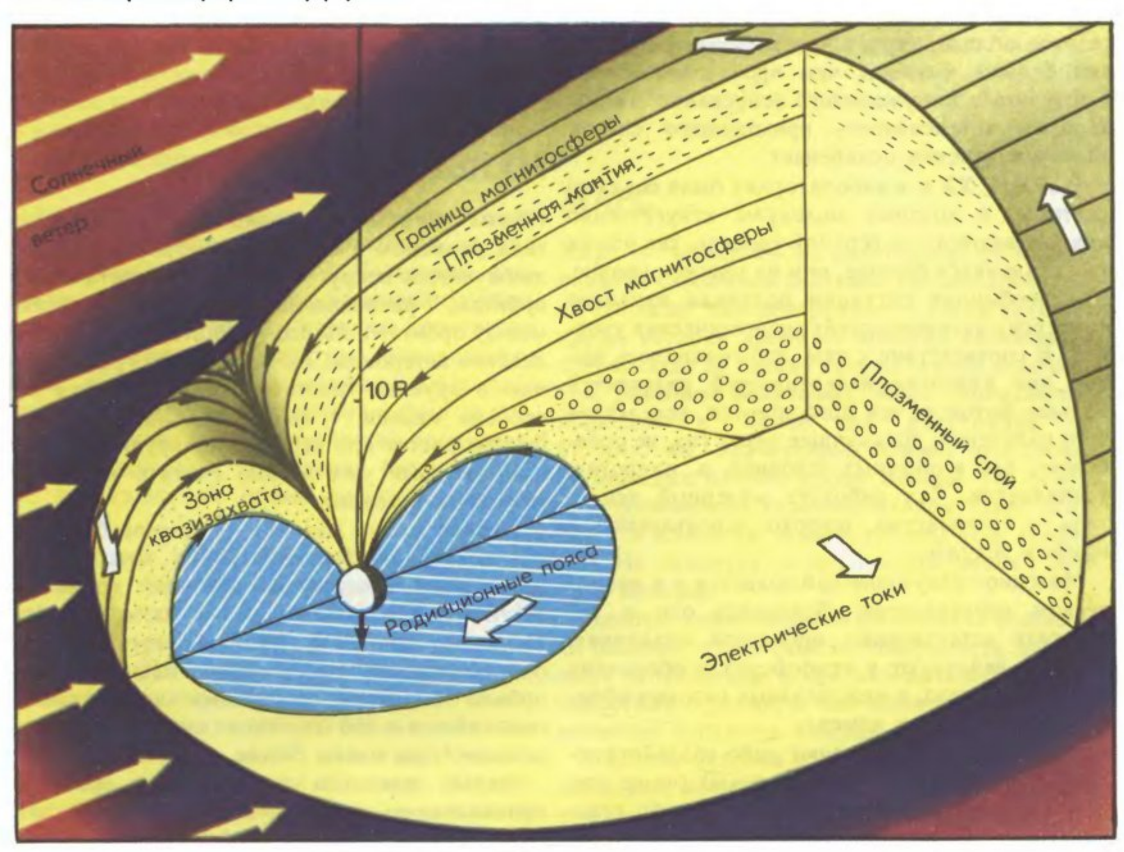
Рис. 1. Схематическое изображение силовых линий магнитного поля Земли вблизи ее поверхности.



магнитного поля Земли обычно приписывается действию механизма, связанного с электрическими токами в квазижидком ядре планеты.

Долгое время предполагалось, что близкое к дипольному спокойное магнитное поле Земли простирается неограниченно далеко в вакууме *межпланетного пространства.* Проведенные на космических аппаратах измерения показали, что это не так. Оказывается, собственное магнитное поле Земли представляет собой препятствие на пути сверхзвукового ионизованного газа, непрерывно испускаемого *Солнцем, — солнечного ветра.* Вследствие этого поле сосредоточено в области конечных размеров. С освещенной Солнцем стороны Земли область ограничена примерно сферической поверхностью с радиусом ≈10—15 радиусов Земли (R), а с противоположной стороны она вытянута подобно кометному хвосту на расстояния вплоть до нескольких тысяч радиусов Земли, образуя геомагнитный хвост. Эту область пространства, заполненную магнитными силовыми линиями, соединенными с Землей, называют магнитосферой Земли (рис. 2). Магнитосфера отделена от межпланетного магнитного поля переходной областью. В определенных зонах магнитосферы — радиационных поясах — имеется поток заряженных частиц, захваченных магнитным полем Земли. В магнитосфере существует сложная система электрических токов. Изменения этих и ионосферных токов вызывают как медленные непрерывные изменения, так и сравнительно быстрые изменения, называемые магнитными бурями. Вариации поля на поверхности Земли, обусловленные этими токами, как правило, не превышают 1%, но во внешних частях магнитосферы, вблизи ее границы — магнитопаузы, где напряженность поля примерно в тысячу раз

Рис. 2. Общий вид магнитосферы Земли и ее характерных областей (показан разрез верхней половины магнитосферы).



меньше, чем на поверхности Земли, относительные изменения могут быть значительно больше.

Некоторые самые быстрые вариации происходят за малую долю секунды; наблюдаются суточные, сезонные вариации. В фазе с циклом *солнечной активности* отмечены 11-летние вариации. Изменение электрических токов в ядре Земли создает вековые вариации магнитного поля Земли; нужны сотни лет, чтобы эти вариации заметным образом сказались на поле.

МАЗЕРЫ КОСМИЧЕСКИЕ

Мазеры космические — очень яркие космические радиоисточники, излучающие в радиолиниях OH, H_2O, SiO и некоторых других молекул (см. *Электромагнитное излучение небесных тел*). Первые космические мазеры на молекулах OH были обнаружены в 1965 г.

«Мазер» — это сокращенное английское название явления, которое в переводе на русский звучит так: «усиление микроволнового излучения посредством вынужденного испускания фотонов». Суть этого явления заключается в следующем. Как известно, атомы и молекулы могут находиться лишь в определенных, дискретных энергетических состояниях — на определенных уровнях энергии. Молекула может перескочить из одного энергетического состояния в другое, и при каждом таком переходе она либо излучает квант электромагнитной энергии — фотон (при переходе с более высокого энергетического уровня на более низкий), либо поглощает такой же фотон (при обратном переходе). При этом частота фотона прямо пропорциональна разности энергий верхнего и нижнего уровней. Перескочить с верхнего уровня на нижний молекула может двумя способами: либо самопроизвольно, либо вынужденно, под воздействием имеющихся вокруг нее фотонов, частота которых соответствует данному переходу. Фотон как бы встряхивает молекулу, заставляя ее «свалиться» на нижний уровень прежде, чем она сделает это сама. При этом испускается точно такой же фотон, какой вынудил молекулу совершить переход. Вынужденный переход тем более вероятен, чем больше плотность фотонов в пространстве. При этом вероятность совершить вынужденный переход вниз для молекулы, находящейся на верхнем уровне, в точности такая же, как для молекулы, находящейся на нижнем уровне, — совершить переход вверх.

Однако в обычных условиях молекулы распределены по энергетическим уровням нерав-

номерно: на нижнем уровне любого перехсда молекул всегда больше, чем на верхнем. Поэтому излучение, проходящее сквозь то или иное газовое облако, теряет в результате поглощения больше фотонов, чем производит новых в результате вынужденного испускания. Таким образом интенсивность проходящего сквозь облако излучения ослабевает.

В 50-е гг. XX в. в лабораториях были созданы системы, в которых молекулы искусственно «накачиваются» на верхний уровень, так что их там становится больше, чем на нижнем уровне. Эта необычная ситуация получила название «инверсии населенностей» энергетических уровней. В соответствии с тем, что говорилось выше, при инверсии населенностей излучается больше фотонов, чем поглощается, вследствие чего излучение, проходящее через газ, не ослабевает, как в обычных условиях, а, напротив, усиливается. Так работает мазерный усилитель — устройство, широко используемое в науке и технике.

Мазерное излучение наблюдается и в космическом пространстве. Возникает оно в результате естественных процессов «накачки», которые действуют в атмосферах и оболочках некоторых звезд, в межзвездных газовых облаках, в атмосферах комет.

«Накачку» осуществляют либо воздействующее на молекулы излучение звезды (чаще всего — в инфракрасном диапазоне), либо сталкивающиеся с ними частицы окружающего газа, если этот газ достаточно горяч и плотен. При работе космического мазера энергия накачки преобразуется в энергию почти монохроматического радиоизлучения молекул. Наиболее мощные из космических мазеров излучают в узкой радиолинии такое же количество энергии, какое Солнце излучает во всем спектре электромагнитных волн!

Космические мазеры интересны не только сами по себе, как уникальное явление природы, но также и потому, что они дают нам важные сведения о тех астрофизических объектах, с которыми они связаны. Особенно ценную информацию приносит мазерное излучение из областей активного звездообразования. Радиоизлучение (в отличие от оптического) свободно проходит сквозь толщи космической пыли, в глубинах которой происходит рождение новых звезд. В областях звездообразования наблюдаются мощные компактные мазеры на молекулах H_2O, имеющие размеры порядка 1—10 а. е., более протяженные, но менее мощные мазеры (на молекулах OH и SiO) и еще более протяженные (до 1000 а. е.) слабые мазеры на молекулах метилового спирта CH_3OH. По наблюдаемым характеристикам мазерных линий можно определять плотность и температуру излучающего газа, особенности его пространственных движений, напряженность пронизывающего газ магнитного поля. Опираясь на эти данные (а также на результаты наблюдений в инфракрасном диапазоне), астрофизики надеются разгадать древнюю тайну рождения звезд.

МАЛЫЕ ПЛАНЕТЫ

Малые планеты (астероиды) — космические тела размером в сотни километров и меньше, движущиеся вокруг *Солнца* по эллиптическим орбитам, расположенным преимущественно между орбитами *Марса* и *Юпитера.* Самые маленькие астероиды, доступные фотографированию в крупные *телескопы,* имеют размер несколько меньше 1 км. Число малых планет быстро растет при переходе от крупных к мелким, которые уже можно считать крупными метеорными телами.

Первая малая планета — Церера была открыта случайно 1 января 1801 г. итальянским астрономом Пиацци. В настоящее время известно уже несколько тысяч малых планет. Примерно для 2000 из них известны точные орбиты. Общее число малых планет внутри орбиты Юпитера, доступных наблюдениям, оценивается в 100 000. Но их суммарная масса меньше $^1/_{1000}$ массы *Земли.*

Малым планетам с типичными орбитами присваивались женские имена, малые планеты с теми или иными особенностями движения получали мужские имена. В последнее время, однако, это правило строго не соблюдается.

У подавляющего большинства малых планет большие полуоси их орбит заключены между 2,2 и 3,6 а. е. Они образуют так называемое кольцо или пояс малых планет (астероидов). Орбиты малых планет в среднем более вытянуты и более наклонены к *эклиптике,* чем орбиты больших планет. Известно несколько десятков малых планет, движущихся вдоль орбиты Юпитера и образующих две устойчивые группы — на расстоянии 60° впереди и позади планеты (так называемые Троянцы и Греки — они все названы именами героев Троянской войны). У малой планеты Гидальго, имеющей вытянутую орбиту с большой полуосью в 5,8 а. е., афелий расположен дальше орбиты *Сатурна,* но благодаря большому наклону орбиты Гидальго не происходит его сближений с Сатурном. Еще большей орбитой обладает малая планета Хирон. Ее орбита проходит в основном между орбитами Сатурна и *Урана,* но в перигелии заходит внутрь орбиты Сатурна.

Некоторые малые планеты имеют небольшие вытянутые орбиты, приближающиеся к орбите Земли (малые планеты группы Амура) или даже заходящие внутрь нее (малые планеты группы Аполлона и Атона). Малая планета Икар заходит даже внутрь орбиты

Меркурия. Малые планеты группы Аполлона и некоторые из группы Амура могут сближаться с Землей. Крайне редко они даже сталкиваются с ней, образуя при ударе о сушу гигантские «метеоритные» кратеры, а при попадании в океаны и моря — порождая гигантские волны и испаряя много воды. (То же может происходить и при столкновении Земли с ядрами комет.)

Орбиты малых планет непрерывно слегка изменяются планетными притяжениями, а при редких тесных сближениях с большими планетами происходят резкие изменения орбит. В кольце малых планет изредка происходит их столкновение друг с другом, сопровождающееся дроблением. У некоторых малых планет их неправильная обломочная форма (а возможно, и пятнистость поверхности) проявляется в периодических колебаниях блеска, которые указывают на осевое вращение малых планет.

Существует гипотеза, согласно которой в том месте, где сейчас движутся астероиды, когда-то находилась планета. Эта планета (у нее даже есть два названия: одно традиционное — Фаэтон, а другое — планета Ольберса) разрушилась либо в результате столкновения с другим крупным телом, либо под действием каких-то других сил, например под действием приливных сил Юпитера. Обломки этой гипотетической планеты и есть астероиды.

Долгое время размеры малых планет оценивали приближенно, на основании видимого блеска и предполагаемой отражательной способности. В последние годы размеры и отражательные способности крупнейших малых планет определяют путем измерения инфракрасного излучения и сравнения его с количеством отраженного видимого света, а также на основе эмпирической зависимости поляризационных свойств поверхности от ее отражательной способности. К настоящему времени получены такие сведения почти о 200 малых планетах поперечником больше 70 км. Из них 28 оказались крупнее 200 км. Самые большие малые планеты имеют следующие размеры: Церера — 1003 км, Паллада — 608 км, Веста — 538 км и Гигия — 450 км. *Альбедо* малых планет заключено в пределах от 2—3 до 40%.

Малые планеты, движущиеся внутри орбиты Юпитера, считаются каменистыми телами, родственными планетам земной группы. Это подтверждается спектрофотометрическими наблюдениями, которые показывают, что почти все они по отражательным свойствам похожи на метеориты тех или иных типов. (Только у Весты поверхность похожа по этим свойствам на базальты.) Это подтверждает представление о том, что выпадающие на Землю метеориты являются обломками малых планет.

По поручению *Международного астрономического союза* работу по вычислению орбит и *эфемерид* малых планет ведет *Институт теоретической астрономии* АН СССР.

МАРС

Марс — четвертая по расстоянию от *Солнца* планета *Солнечной системы.* На звездном небе он выглядит как немерцающая точка красного цвета, которая время от времени значительно превосходит по блеску звезды первой величины (см. *Звездные величины*). Марс периодически подходит к *Земле* на расстояние до 57 млн. км, значительно ближе, чем любая из больших планет, кроме *Венеры.* По основным физическим характеристикам Марс относится к планетам земной группы (см. *Планеты*). По диаметру он почти вдвое меньше Земли и Венеры.

Ценную информацию о физических условиях на планете, о строении ее поверхности доставляют запускаемые к ней автоматические межпланетные станции, в том числе советские космические аппараты «Марс».

Планета окутана газовой оболочкой — атмосферой, которая имеет меньшую плотность, чем земная. Даже в глубоких впадинах Марса, где давление атмосферы наибольшее, оно приблизительно в 100 раз меньше, чем у поверхности Земли, а на уровне марсианских горных вершин — в 500—1000 раз меньше. Тем не менее в атмосфере Марса наблюдаются облака и постоянно присутствует более или менее плотная дымка из мелких частиц пыли и из кристалликов льда. Как показали снимки с американских автоматических посадочных станций «Викинг-1» и «Викинг-2», марсианское небо в ясную погоду имеет розоватый цвет, что объясняется рассеянием солнечного света на пылинках и подсветкой дымки оранжевой поверхностью планеты. По химическому составу марсианская атмосфера отличается от земной и содержит 95,3% углекислого газа с примесью 2,7% азота, 1,6% аргона, 0,07% окиси углерода, всего лишь 0,13% кислорода и приблизительно 0,03% водяного пара, содержание которого изменяется, а также примеси неона, криптона и ксенона. При отсутствии облаков газовая оболочка Марса значительно прозрачнее, чем земная, в том числе и для ультрафиолетовых лучей, опасных для живых организмов. Солнечные сутки на Марсе длятся 24 ч 39 мин 35 с.

Значительный наклон экватора к плоскости орбиты (25,2°) приводит к тому, что на одних участках орбиты освещаются и обогреваются Солнцем преимущественно северные широты Марса, а на других — южные, т. е. проис-

Фотография Марса. Часть панорамы, переданной с посадочного аппарата «Викинг-2».



ходит смена сезонов. Марсианский год длится 686,9 дня. Эллиптичность марсианской орбиты приводит к значительным различиям климата северного и южного полушарий: в средних южных широтах зима холоднее, а лето теплее, но короче, чем в северных.

Температурные условия на Марсе суровы с точки зрения жителя Земли. Наиболее высокая температура поверхности 290 К в так называемой подсолнечной точке; наиболее низкая — в полярных районах, где в зимний сезон она держится на отметке около 150 К. Полученные из наблюдений сведения о температуре явились ключом к объяснению природы полярных шапок, которые при наблюдениях в телескоп видны как светлые, почти белые пятна возле полюсов планеты. Когда в северном полушарии Марса наступает лето, северная полярная шапка быстро уменьшается, но в это время растет другая — возле южного полюса, где наступает зима. В конце XIX — начале XX в. считали, что полярные шапки Марса — это ледники и снега. По современным данным, обе полярные шапки Марса — северная и южная — состоят из водяного льда с примесью минеральной пыли и из твердой двуокиси углерода, т. е. сухого льда, который образуется при замерзании углекислого газа, входящего в состав марсианской атмосферы.

В 1975 г. на основе материалов телевизионной съемки всей поверхности планеты с космических аппаратов была составлена карта деталей марсианского рельефа, многие из которых уже получили названия, и на карте Марса появились имена деятелей науки и культуры, в том числе русских и советских ученых: кратеры Ломоносов, Королев, Фесенков и др.

Нанесенные на карты Марса еще в XIX в. темные области в основном сохраняют свои очертания, но в научной литературе указаны многочисленные примеры местных изменений отражательных свойств отдельных районов Марса. Ветропылевая гипотеза, разрабатываемая в последние годы в США для объяснения изменений на Марсе, впервые была предложена известным советским астрономом В. В. Шароновым еще до полетов к Марсу космических аппаратов. В течение многих лет популярными были гипотезы, в основе которых лежит изменение оптических свойств некоторых веществ под влиянием изменений на Марсе биосферы, т. е. живых организмов. Задача поисков жизни на Марсе была одной из основных в американской программе «Викинг» (посадка на Марс в 1976 г. и одновременно наблюдение с орбитальных аппаратов). Однако обнаружить какие-либо следы жизни не удалось. Не оказалось в образцах грунта и органических соединений. Были проведены ис-

ТИХО БРАГЕ (1546—1601)



Тихо Браге родился в местечке Кнутструп; он происходил из древнего датского дворянского рода.

Свою научную деятельность Тихо Браге посвятил наблюдениям неба. На небольшом острове Гвен он построил уникальную обсерваторию «Ураниборг» («Небесный замок»), а позже «Звездный замок», где в течение 21 года проводил многочисленные наблюдения небесных светил. Большинство инструментов Тихо Браге сделал сам. Ему удалось добиться высокой точности измерений на инструментах без оптических приспособлений (1—2′). Небывалой точности наблюдений он добился не только увеличением размеров инструментов (наибольшим был шестиметровый квадрант), но и разработкой новых методов наблюдений.

Тихо Браге составил новые точные солнечные таблицы и уточненный каталог 800 звезд. Он открыл две новые неравномерности («неравенства») в движении Луны, периодическое изменение наклона лунной орбиты к эклиптике, а также изменения в положении лунных узлов. С именем Тихо Браге связаны открытие сверхновой звезды в созвездии Кассиопеи и первый обоснованный наблюдениями вывод о внеземной природе комет.

В течение 16 лет Тихо Браге вел наблюдения планеты Марс. Материалы этих наблюдений помогли его помощнику — немецкому ученому И. Кеплеру открыть законы движения планет (см. *Кеплера законы*). Последние годы жизни Тихо Браге жил и работал в Праге.

следования элементного состава образцов марсианского грунта. Найдено близкое сходство химического состава образцов в двух взаимно удаленных местах посадки. В исследованных образцах обнаружено большое содержание окислов кремния и железа. Содержание серы (вероятно, в виде сульфатов) в десятки раз больше, чем в земной коре.

На снимках Марса найдены следы как ударно-метеоритной, так и вулканической активности, а также следы движений, поднятий и растрескиваний марсианской коры и следы многих процессов разрушения и сглаживания рельефа поверхности, перемещения и отложения наносов. Перепад высоты между высочайшими вершинами и наиболее глубокими впадинами на Марсе составляет около 20 км. Для марсианских гор характерны многовершинные, в основном сглаженные формы. Кроме того, обнаружены типичные вулканические конусы с кратерами на вершине. Предпринятые на борту искусственных спутников Марса поиски признаков современной активности марсианских вулканов пока не дали положительных результатов.

На снимках поверхности Марса с космических аппаратов отчетливо видны детали, имеющие большое сходство с речными руслами на Земле. Поскольку весь комплекс информации о физических условиях на Марсе противоречит возможности существования там рек, можно предположить, что марсианские русла могли возникнуть в результате растапливания подповерхностного водяного льда в зонах повышенного выделения внутреннего тепла планеты или связаны с периодическими колебаниями климата, обусловленными изменениями наклона его оси вращения к плоскости орбиты.

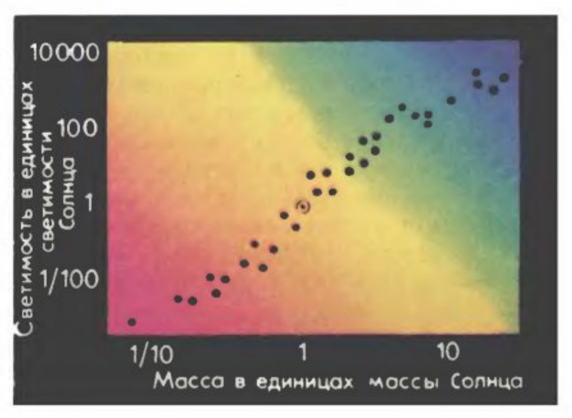
Некоторые дополнительные сведения о Марсе и об истории его поверхности удается получить косвенными методами на основе исследования двух его природных спутников — Фобоса и Деймоса (см. *Спутники планет*).

Комплексные исследования Марса являются важным звеном изучения Солнечной системы в целом, которое ведется для разработки вопроса о происхождении и эволюции планет, в том числе и нашей Земли.

«МАССА — СВЕТИМОСТЬ» ДИАГРАММА

Применение законов *небесной механики* к *двойным звездам* позволяет определить массы звезд, являющихся компонентами таких двойных систем. Если определены также *светимости* этих звезд, то можно построить диаграмму, по одной оси которой откладывается масса, а по другой — светимость. Расположение звезд главной последовательности (см. *«Спектр — светимость» диаграмма*) на такой диаграмме показывает четкую зависимость между массой и светимостью: светимость увеличивается пропорционально кубу массы. Другие группы звезд образуют аналогичные диаграммы.

Диаграмма «масса — светимость» для звезд главной последовательности.



Используя диаграмму «масса — светимость», можно по светимости определять массы одиночных звезд, для которых невозможно получить массу непосредственно из наблюдений.

МЕЖДУНАРОДНОЕ БЮРО ВРЕМЕНИ

Международное бюро времени было создано по решению *Международного астрономического союза* и начало свою деятельность в Париже в 1920 г. Первоначально МБВ установило и хранило международную шкалу всемирного времени (см. *Измерение времени*) для научных, технических и практических целей. Эта шкала связывалась с суточным вращением Земли и основывалась на регулярных астрономических наблюдениях, проводимых сначала на Парижской обсерватории, а позже на нескольких десятках служб времени разных стран.

В середине 30-х гг. XX в. ученые с помощью высококачественных кварцевых часов установили, что Земля вращается неравномерно. Таким образом, осуществлять контроль равномерной шкалы времени по наблюдениям звезд можно лишь в том случае, если вносить в астрономические наблюдения поправки, учитывающие неправильности во вращении Земли. Изменения угловой скорости вращения Земли невелики, но достаточно сложны: выявлены периодические колебания, вековые изменения и случайные флуктации в ее вращении. Для того чтобы исправить наблюдения, исключив влияние движения полюсов Земли (см. *Служба движения полюсов*), с 1955 г. МБВ стало заниматься также и этой проблемой. В 1938 г. в наблюдениях для определения координат по-

люса принимали участие 90 астрономических обсерваторий, в том числе 27 советских.

Изобретение атомных и молекулярных эталонов частоты позволило установить и хранить принципиально новую, не зависящую от вращения Земли высокостабильную шкалу времени. С конца 60-х гг. атомное время — основа для изучения неравномерности вращения Земли.

Большинство современных обсерваторий оснащено атомными эталонами частоты, и МБВ регулярно вычисляет шкалу атомного времени, сравнивая около 60 эталонов разных обсерваторий.

Вычисляя и публикуя параметры вращения Земли для каждых 5 сут, МБВ фактически не только хранит единую шкалу времени, но и поддерживает опорную земную систему координат (см. *Геодинамика*).

Для решения своих задач с 1972 г. МБВ использует новейшие достижения в области космической геодезии, результаты доплеровских наблюдений искусственных спутников Земли, лазерной локации Луны и искусственных космических объектов, данные радиоинтерферометров с длинной базой.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ АСТРОНОМИЧЕСКИЙ СОЮЗ

Международный астрономический союз — международное научное общество, в задачи которого входит содействие развитию *астрономии* во всех странах мира, деловому общению астрономов разных стран, координация астрономических исследований, требующих участия многих обсерваторий.

Международный астрономический союз был создан в 1919 г.

Главные рабочие органы Международного астрономического союза — Исполнительный комитет и несколько десятков отраслевых комиссий, деятельность которых посвящена различным астрономическим проблемам.

Каждые 3 года в одной из стран — членов Международного астрономического союза собираются Генеральные ассамблеи. В 1958 г. очередная ассамблея собралась в Москве.

Генеральная ассамблея заслушивает научные доклады по актуальным вопросам астрономии, утверждает отчеты об астрономических исследованиях, рекомендует программу исследований с участием астрономов различных стран.

В настоящее время Международный астрономический союз насчитывает более 3000 членов. Среди них — наиболее известные астрономы почти 50 стран земного шара. Активное участие в научной и организационной работе союза принимают советские астрономы.

МЕЖЗВЕЗДНАЯ СРЕДА

Пространство между *звездами* заполняют разреженный газ, пыль, магнитные поля и *космические лучи*.

М е ж з в е з д н ы й г а з. Его полная масса довольно велика — несколько процентов суммарной массы всех звезд нашей *Галактики*. Плотность газа в среднем составляет около 10^{-21} кг/м^3. При такой плотности в 1—2 см^3 межзвездного пространства содержится всего один атом газа.

Химический состав межзвездного газа примерно такой же, как и у звезд: больше всего водорода, затем идет гелий и очень немного всех остальных химических элементов.

Межзвездный газ прозрачен. Поэтому сам он не виден ни в какие телескопы, за исключением тех случаев, когда находится вблизи горячих звезд. Ультрафиолетовые лучи, в отличие от лучей видимого света, поглощаются газом и отдают ему свою энергию. Благодаря этому горячие звезды своим ультрафиолетовым излучением нагревают окружающий газ до температуры примерно 10 000 К. Нагретый газ начинает сам излучать свет, и мы наблюдаем его как светлую газовую туманность (см. *Туманности*).

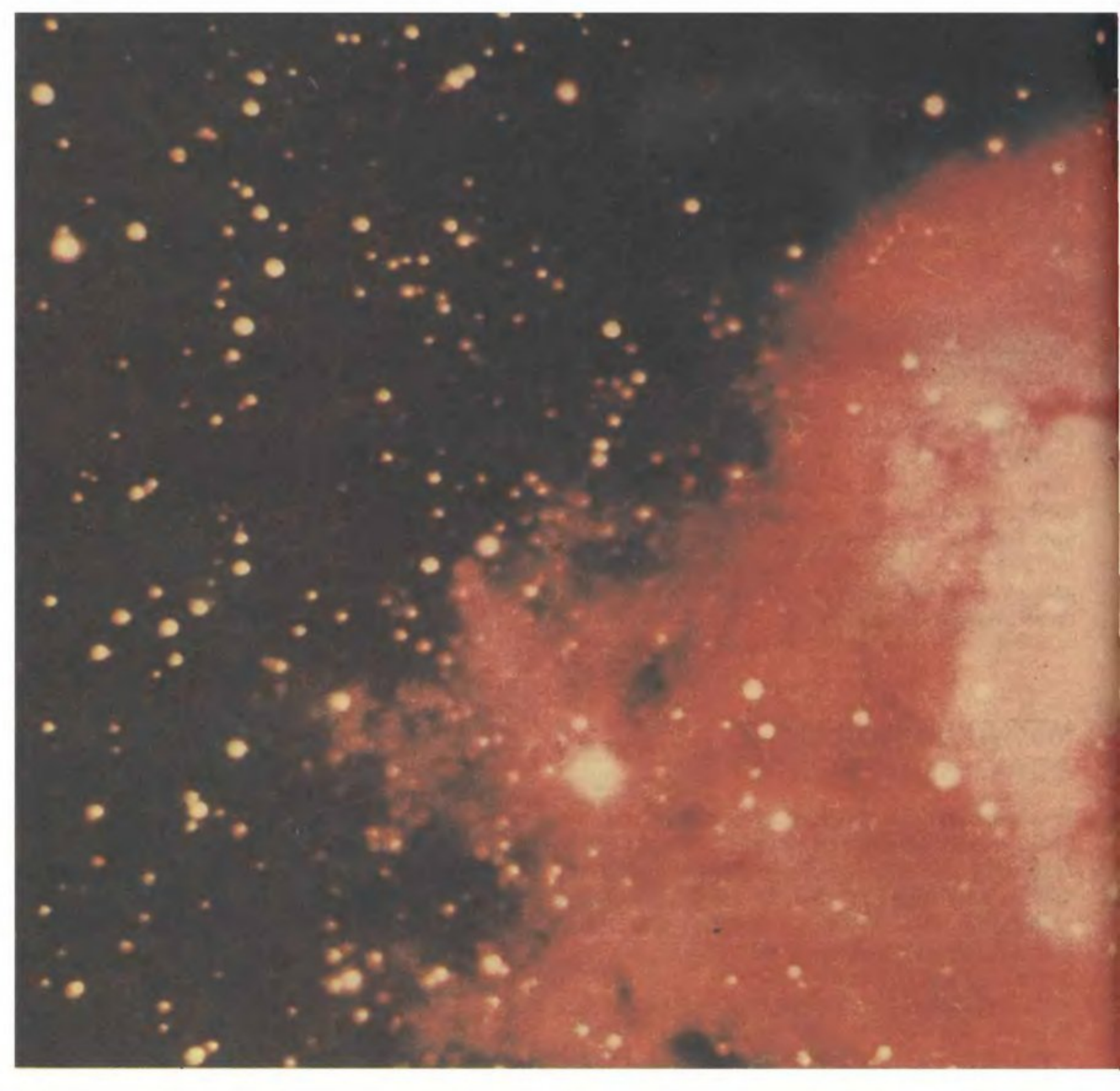
Более холодный, «невидимый» газ наблюдают радиоастрономическими методами (см. *Радиоастрономия*). Атомы водорода в разреженной среде излучают радиоволны на длине волны около 21 см. Поэтому из областей межзвездного газа непрерывно распространяются потоки радиоволн. Принимая и анализируя это излучение, ученые узнают о плотности, температуре и движении межзвездного газа в космическом пространстве.

Оказалось, что он распределен в пространстве неравномерно. Существуют газовые облака размером от одного до нескольких сотен световых лет и с низкой температурой — от десятков до сотен градусов Кельвина. Пространство между облаками заполнено более горячим и разреженным межоблачным газом.

Вдали от горячих звезд газ нагревается главным образом рентгеновскими и космическими лучами, непрерывно пронизывающими во всех направлениях межзвездное пространство. До больших температур его могут разогреть и сверхзвуковые волны сжатия — ударные волны, распространяющиеся с огромной скоростью в газе. Они образуются при взрывах *сверхновых звезд* и при столкновениях быстро движущихся масс газа.

Чем выше плотность газа или чем массивнее газовое облако, тем больше энергии требуется, чтобы его нагреть. Поэтому в плотных облаках температура межзвездного газа очень мала: встречаются облака с температурой от нескольких единиц до нескольких десятков градусов

Светлая газовая туманность — большое облако газа, нагретого ультрафиолетовым светом горячей звезды.

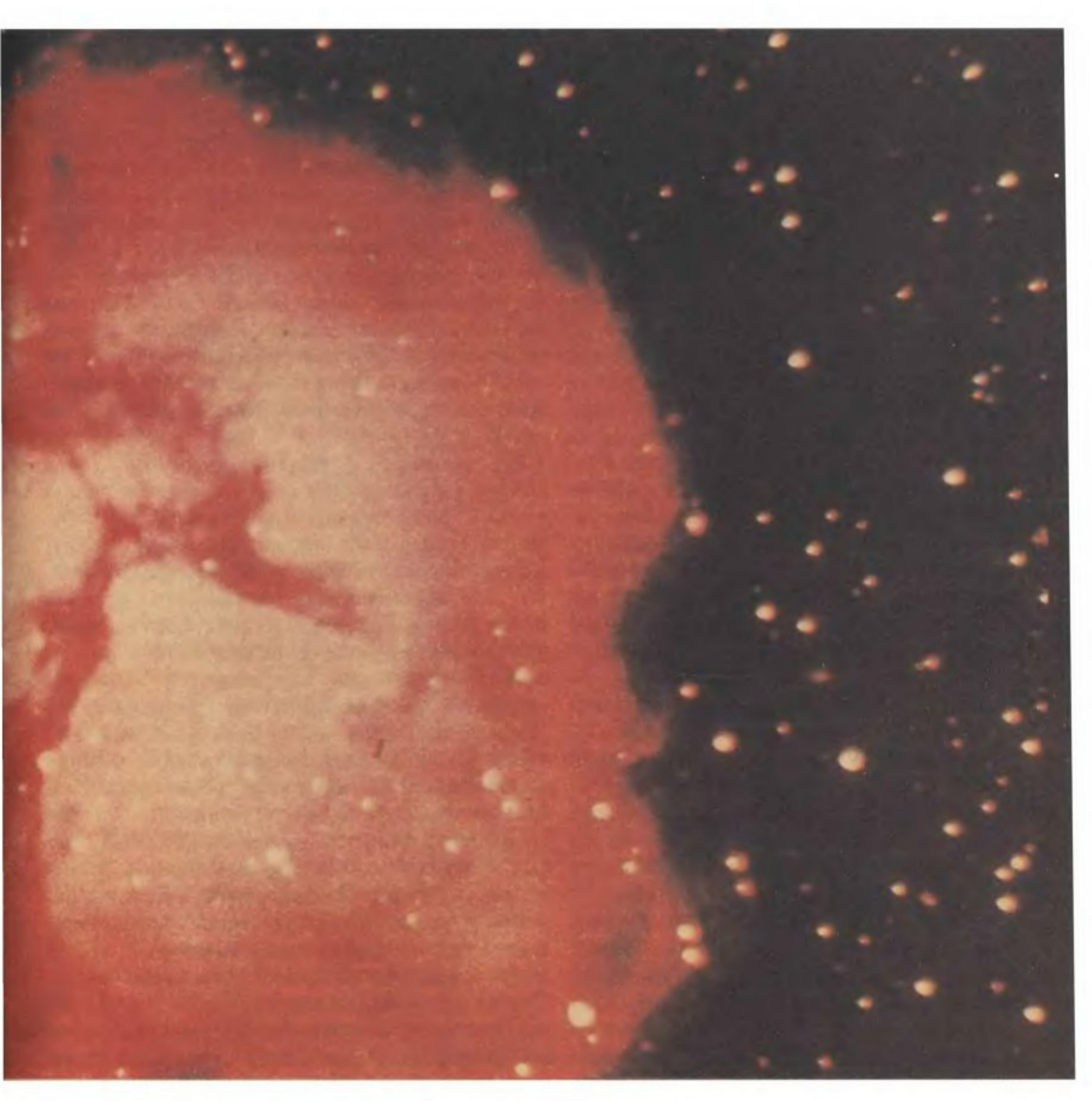


Кельвина. В таких областях водород и другие химические элементы объединяются в молекулы. При этом слабеет радиоизлучение на волне 21 см, потому что водород из атомарного (H) становится молекулярным (H_2). Но зато появляются линии радиоизлучения различных молекул на длинах волн от нескольких миллиметров до нескольких десятков сантиметров. Эти линии наблюдаются, и по ним можно судить о физическом состоянии газа в холодных облаках, которые часто так и называют: молекулярные облака или молекулярные газовые комплексы.

Путем радионаблюдений в линиях излучения молекул в нашей Галактике было обнаружено большое число гигантских молекулярных облаков с массой не менее 100 тыс. масс Солнца. Полное количество газа, содержащегося в них, сопоставимо с количеством атомарного водорода в Галактике. Области с наиболее высокой плотностью молекулярного газа образуют в Галактике широкое кольцо вокруг центра с радиусом 5—7 кпс.

По линиям радиоизлучения в межзвездной среде астрономам удалось обнаружить несколько десятков типов молекул: от простых двухатомных молекул CH, CO, CN до таких, как молекула муравьиной кислоты, этилового или метилового спирта, и более сложных многоатомных молекул. Но самыми распространенными молекулами все же являются молекулы водорода H_2.

Плотность и температура молекулярных облаков таковы, что газ в них стремится сжаться и уплотниться под действием собственной *гравитации*. Этот процесс, по-видимому, приводит к образованию звезд. Действительно, холодные молекулярные облака очень часто



соседствуют с молодыми звездами.

Из-за превращения межзвездного газа в звезды его запасы в Галактике постепенно истощаются. Но газ частично возвращается из звезд в межзвездную среду. Это происходит при вспышках новых и сверхновых звезд, при истечении вещества с поверхности звезд и при образовании звездами планетарных туманностей.

В нашей Галактике, как и в большинстве других, газ концентрируется к плоскости звездного диска, образуя слой толщиной примерно в 100 пс. К краю Галактики толщина этого слоя постепенно увеличивается. Наибольшей плотности газ достигает в ядре Галактики и на расстоянии 5÷7 кпс от него.

На большом расстоянии от диска Галактики пространство заполнено очень горячим (более миллиона градусов) и крайне разреженным газом, но его полная масса невелика по сравнению с массой межзвездного газа вблизи плоскости Галактики.

Межзвездная пыль. В межзвездном газе в качестве небольшой примеси к нему (около 1% по массе) содержится пыль. Присутствие пыли заметно, прежде всего, по поглощению и отражению света звезд. Из-за поглощения света пылью мы почти не видим в направлении на *Млечный Путь* тех звезд, которые расположены дальше, чем 3—4 тыс. световых лет от нас. Ослабление света особенно сильно в синей (коротковолновой) области спектра. Поэтому далекие звезды выглядят покрасневшими. Особенно непрозрачны из-за большой плотности пыли плотные газопылевые облака — *глобулы*.

Отдельные пылинки имеют очень маленький размер — несколько десятитысячных долей

миллиметра. Они могут состоять из углерода, кремния и различных смерзшихся газов. Зародыши или ядра пылинок, скорее всего, образуются в атмосферах холодных звезд-гигантов. Оттуда они давлением света звезды «выдуваются» в межзвездное пространство, где на них «намерзают» молекулы водорода, воды, метана, аммиака и других газов.

Межзвездное магнитное поле. Межзвездная среда пронизана слабым магнитным полем. Оно примерно в 100 000 раз слабее *магнитного поля Земли.* Но межзвездное поле охватывает гигантские объемы космического пространства, и поэтому его полная энергия очень велика.

Межзвездное магнитное поле практически не оказывает никакого влияния на звезды или планеты, но оно активно взаимодействует с движущимися в межзвездном пространстве заряженными частицами — космическими лучами. Действуя на быстрые электроны, магнитное поле «заставляет» их излучать радиоволны. Магнитное поле ориентирует определенным образом межзвездные пылинки, имеющие вытянутую форму, и свет далеких звезд, проходящий сквозь межзвездную пыль, приобретает новое свойство — становится поляризованным.

Очень большое влияние оказывает магнитное поле на движение межзвездного газа. Оно способно, например, затормозить вращение газовых облаков, воспрепятствовать сильному сжатию газа или таким образом направить движение газовых облаков, чтобы заставить их собраться в огромные газопылевые комплексы.

О космических лучах подробно рассказано в соответствующей статье.

Все четыре составляющие межзвездной среды тесно связаны друг с другом. Их взаимодействие сложно и еще не совсем ясно. При изучении межзвездной среды астрофизики опираются как на непосредственные наблюдения, так и на такие теоретические разделы физики, как физика плазмы, атомная физика и магнитная газодинамика.

МЕЖПЛАНЕТНАЯ СРЕДА

Межпланетная среда — вещество, заполняющее пространство между планетами *Солнечной системы.* Состоит из твердых тел и частиц всевозможных размеров, движущихся вокруг *Солнца,* и электрически заряженных элементарных частиц (ионов и электронов), разлетающихся во все стороны от Солнца. Кроме того, межпланетная среда пронизывается галактическими космическими лучами — ядрами различных атомов, разогнанными до гигантских скоростей и поэтому обладающими огромными энергиями.

Твердые тела и частицы размером от сотен метров до микронов, входящие в состав межпланетной среды, образуются при столкновениях *малых планет,* сопровождающихся их дроблением. Главным источником мелких частиц и пыли является распад ядер *комет.* Твердую компоненту межпланетной среды называют метеорным веществом, так как при вторжении в земную атмосферу частицы порождают *метеоры.* В окрестностях земной орбиты среднее расстояние между частицами крупнее 1 мм составляет несколько километров. Поэтому метеорная опасность при космических полетах сравнительно невелика: частицы крупнее 1 мм сталкиваются с поверхностью в 1 $м^2$ в среднем один раз за несколько десятков или даже сотен лет.

Подавляющее большинство твердых тел и частиц межпланетной среды движется вокруг Солнца по небольшим эллиптическим орбитам в направлении обращения планет вокруг Солнца, концентрируясь к плоскости *эклиптики.* Под действием так называемого эффекта Пойнтинга — Робертсона, связанного со световым давлением Солнца, размеры орбит мелких частиц постепенно сокращаются. Поэтому плотность пылевой компоненты межпланетной среды увеличивается к Солнцу. Солнечный свет, отраженный и рассеянный всей совокупностью пылинок межпланетной среды, создает едва заметное свечение, располагающееся на небе вдоль эклиптики, т. е. вдоль пояса зодиакальных созвездий, и поэтому называемое Зодиакальным Светом. При рассеянии света пылинками кроме максимума рассеяния «вперед» (по отношению к направлению солнечных лучей) имеется меньший максимум рассеяния «назад». Поэтому рассеяние солнечного света на пылинках межпланетной среды, расположенных дальше от Солнца, чем *Земля,* создает светлое пятно около точки неба, диаметрально противоположной Солнцу. Это пятно, видимое лишь в очень темные ночи, называют противосиянием.

Пылинки межпланетной среды могут быть заряжены, и тогда на них кроме солнечного тяготения воздействует также межпланетное магнитное поле.

Долгое время предполагали, что межпланетная среда включает также газы, обращающиеся вокруг Солнца. Но, как выяснилось, корпускулярные потоки, истекающие из Солнца, т. е. потоки ионизованных атомов (в основном это ядра водорода — протоны), выметают все газы из межпланетного пространства. Корпускулярные потоки включают не только ионы, но и электроны, в совокупности образующие электрически нейтральную плазму. Ионы и электроны непрерывным потоком разлетаются во все стороны из чрезвычайно горячих внешних частей *солнечной короны* и

образуют так называемый *солнечный ветер*. В окрестностях земной орбиты плотность солнечного ветра составляет в среднем 10 частиц в 1 $см^3$. Они движутся со скоростью около 450 км/с. С участка солнечной поверхности, охваченного вспышкой, вырываются корпускулярные потоки повышенной плотности (до 100 ионов в 1 $см^3$). Они движутся со скоростью до 2000 км/с. Те же немногочисленные ионы, которые движутся со скоростью в десятки тысяч километров в секунду, составляют солнечную компоненту *космических лучей*.

Поверхность Земли защищена от воздействия межпланетной среды атмосферой и земным магнитным полем. Но, например, поверхность *Луны*, не имеющей ни атмосферы, ни общего магнитного поля, в полной мере подвергается воздействию как твердой, так и плазменной компоненты межпланетной среды.

МЕРИДИАННЫЙ КРУГ

Меридианный круг — один из основных угломерных астрометрических инструментов. Применяется для измерения высот небесных светил (см. *Небесные координаты*) в кульминациях. Принципы конструкции разработаны в конце XVII в. датским ученым О. Рёмером.

Меридианный круг снабжен зрительной трубой, вращающейся вокруг горизонтальной оси. Благодаря надежной опоре зрительная труба при вращении постоянно остается в плоскости небесного меридиана. Круг с делениями, установленный на одной оси со зрительной трубой, позволяет отсчитывать углы поворота трубы с точностью до сотых долей секунды дуги. Инструменты такого типа служат для вычисления склонений светил. Они могут применяться также и для регистрации моментов прохождений небесных светил через меридиан.

МЕРКУРИЙ

Меркурий — самая близкая к *Солнцу* планета *Солнечной системы*. Расположена на расстоянии 58 млн. км от Солнца, полный оборот вокруг него совершает за 88 сут. На небе Меркурий виден только в периоды наибольших элонгаций, которые могут достигать 28°. Из-за близости к Солнцу и малых видимых размеров Меркурий долго оставался малоизученной планетой.

Только в 1965 г. благодаря применению радиолокации был измерен период вращения Меркурия вокруг оси, оказавшийся равным 58,65 сут, т. е. ровно $^2/_3$ периода обращения вокруг Солнца. Такое вращение является динамически устойчивым. Солнечные сутки на Меркурии продолжаются 176 дней. Ось вращения Меркурия почти перпендикулярна к плоскости его орбиты.

Отражательная способность Меркурия *(альбедо)* очень мала — около 0,07. Как показали радионаблюдения, температура подсолнечной точки планеты (т. е. в пункте, где Солнце находится в зените) достигает 620 K. Температура ночного полушария Меркурия около 110 K. С помощью радионаблюдений удалось определить тепловые свойства наружного покрова планеты, которые оказались близкими к свойствам тонкораздробленных пород и лунного реголита. Причиной такого состояния пород являются, по-видимому, непрерывные удары мелких *метеоритов*, почти не ослабляемые весьма разреженной атмосферой Меркурия.

Фотографирование поверхности Меркурия американским космическим аппаратом «Маринер-10» в 1974—1975 гг. показало, что по виду планета напоминает *Луну*. Поверхность усеяна кратерами разных размеров, причем их распределение по величине диаметра аналогично распределению кратеров Луны. Это говорит о том, что они тоже образовались в результате интенсивной метеоритной бомбардировки миллиарды лет назад на первых этапах эволюции планеты. Встречаются кратеры со светлыми лучами, с центральными горками и без них, с темным и светлым дном, с резкими очертаниями валов (молодые) и полуразрушенные (древние). Обнаружены долины, напоминающие известную Долину Альп на Луне, гладкие округлые равнины, получившие название бассейнов (наибольший из них — Калорис — имеет диаметр 1300 км), а также крутые уступы высотой до нескольких километров.

Наличие темного вещества в бассейнах и заполненных лавой кратерах свидетельствует, что в начальный период своей истории планета испытала сильное внутреннее разогревание, за которым последовала одна или несколько эпох интенсивного вулканизма.

Атмосфера Меркурия очень разрежена по сравнению с земной атмосферой. По данным, полученным с помощью «Маринера-10», ее плотность не превосходит плотности земной атмосферы на высоте 620 км. В составе атмосферы обнаружено небольшое количество водорода, гелия и кислорода, присутствуют и некоторые инертные газы, например аргон и неон. Такие газы могли выделиться в результате распада радиоактивных элементов, входящих в состав грунта планеты. Обнаружено слабое магнитное поле, напряженность которого меньше, чем у *Земли*, и больше, чем у *Марса*. Межпланетное магнитное поле, взаимодействуя с ядром Меркурия, может создавать в нем электрические токи. Эти токи, а также перемещение зарядов в ионосфере, которая у Меркурия

Фотография Меркурия с космической станции «Маринер-10».



слабее по сравнению с земной, могут поддерживать магнитное поле планеты. Взаимодействуя с *солнечным ветром,* оно создает магнитосферу.

Средняя плотность Меркурия значительно выше лунной (5,4 г/см^3), т. е. почти равна средней плотности Земли. Высказывается гипотеза о том, что Меркурий имеет мощную силикатную оболочку (500—600 км), а оставшиеся 50% объема занимает железоникелевое ядро.

Жизнь на Меркурии из-за очень высокой дневной температуры и отсутствия жидкой воды не может существовать.

Спутников Меркурий не имеет.

МЕСТНАЯ ГРУППА ГАЛАКТИК

Наша *Галактика* и ее ближайшие соседи образуют Местную группу *галактик.* За ее непосредственными пределами пространство в среднем менее плотно заполнено галактиками, чем внутри нее. В настоящее время известно около 30 галактик, входящих в Местную группу. Самые далекие находятся на расстоянии примерно 1 Мпс. Ближайшие к нам члены Местной группы — Большое и Малое *Магеллановы Облака.* Они расположены в Южном полушарии неба и видны невооруженным глазом как две сияющие туманности неподалеку от *Млечного Пути.* Расстояние до них более 50 кпс, что в 2 раза больше диаметра нашей Галактики.

Самая большая галактика в Местной группе — галактика М31, или *Туманность Андромеды,* — единственная на Северном полушарии неба галактика, видимая невооруженным глазом. Она превосходит нашу Галактику по размерам и массе. Расстояние до Туманности Андромеды в 10 с лишним раз больше, чем до Магеллановых Облаков.

В Местной группе галактик выделяются две подгруппы. Одну такую подгруппу образуют наша Галактика и Магеллановы Облака. Вторая подгруппа состоит из М31 и ее соседей. Вокруг этих двух подгрупп разбросаны отдельные карликовые галактики. Светимость нашей

Галактики, а также галактики M31, являющихся главными в подгруппах, превышает суммарную светимость всех остальных членов Местной группы. Масса этих галактик также намного превышает суммарную массу всех остальных. Местная группа галактик представляет большой интерес для астрономов. Во-первых, благодаря относительной близости галактик в них можно различать и исследовать отдельные *звезды* и звездные скопления (см. *Звездные скопления и ассоциации*). Во-вторых, Местная группа — яркий пример чрезвычайного разнообразия мира галактик: помимо спиральных и неправильных галактик она содержит карликовые эллиптические галактики, которые мы не смогли бы исследовать, если бы они находились на больших расстояниях. Местная группа как целое движется в пространстве среди соседних с нею галактик поля. Вероятно, ее члены связаны и физически, и общностью происхождения.

МЕТАГАЛАКТИКА

Вселенная безгранична, однако наблюдать мы можем лишь ее ограниченную часть. Современные мощные *телескопы* сделали доступной для исследования гигантскую область, содержащую более миллиарда *галактик*. Эту наблюдаемую область Вселенной и называют Метагалактикой.

Важнейшим свойством Метагалактики является ее расширение. Оно заключается в том, что средние расстояния между галактиками увеличиваются со временем. Это приводит к постепенному уменьшению средней плотности вещества в Метагалактике. Скорость удаления друг от друга галактик (и их скоплений) пропорциональна расстоянию между ними (см. *Расширение Вселенной*).

Точных размеров Метагалактики назвать нельзя. В расширяющейся Метагалактике само понятие расстояния до очень далеких объектов становится сложным и неоднозначным. Ориентировочно можно считать, что радиус Метагалактики составляет несколько тысяч мегапарсек.

У Метагалактики нет какого-либо физически выделенного центра или определенного направления движения. Нет, например, оси вращения, нет «края», вблизи которого плотность вещества уменьшалась бы. За пределами Метагалактики свойства и распределение вещества, скорее всего, такие же, как и в ней.

Распределение галактик и их скоплений в Метагалактике не совсем хаотично. На масштабах в десятки мегапарсек заметна характерная ячеистая структура, которую они образуют в пространстве. Объяснение такой крупномасштабной структуры ученые ищут в условиях рождения галактик, существовавших миллиарды лет назад, на ранних стадиях расширения Метагалактики.

МЕТЕОРИТЫ

Метеориты — каменные или железные тела, падающие на *Землю* из межпланетного пространства; представляют собой остатки метеорных тел, не разрушившихся полностью при движении в атмосфере.

Падения метеоритов на Землю сопровождаются световыми, звуковыми и механическими явлениями. По небу проносится яркий огненный шар, называемый *болидом,* сопровождаемый хвостом и разлетающимися искрами. По пути движения болида на небе остается след в виде дымной полосы, который из прямолинейного под влиянием воздушных течений принимает зигзагообразную форму. Ночью болид освещает местность на сотни километров вокруг. После того как болид исчезает, через несколько секунд раздаются похожие на взрывы удары, вызываемые ударными волнами. Эти волны иногда вызывают значительное сотрясение грунта и зданий.

Метеориты могут выпадать в тех случаях, когда скорость вторгшегося в земную атмосферу метеорного тела не превосходит 22 км/с и если это тело обладает достаточной механической прочностью. Встречая сопротивление воздуха, метеорное тело тормозится, кинетическая энергия его переходит в теплоту и свет. В результате поверхностный слой метеорита и образующаяся вокруг него воздушная оболочка нагреваются до нескольких тысяч градусов. Вещество метеорного тела после вскипания испаряется, частично разбрызгивается на мельчайшие капельки. Падая на Землю почти отвесно, обломки метеорного тела остывают и при достижении грунта оказываются только теплыми. Они бывают покрыты затвердевшей корой плавления. В месте падения метеоритов образуются углубления, размеры и форма которых зависят от массы метеоритов и скорости их падения.

Самый крупный метеорит был найден в Юго-Западной Африке в 1920 г. Метеорит этот, названный Гоба (названия даются по населенному пункту, ближайшему к месту падения), железный, масса его около 60 т. Такие крупные метеориты падают редко. Как правило, массы метеоритов составляют сотни граммов или несколько килограммов.

К крупнейшим метеоритам относится железный Сихотэ-Алинский, упавший в СССР в 1947 г. Он еще в атмосфере раскололся на тысячи частей и выпал на Землю «железным

дождем». При ударе о грунт части метеорита раздробили скальные породы, образовали в них кратеры и воронки. Было обнаружено 200 кратеров и воронок диаметром от 20 см до 26 м. Масса Сихотэ-Алинского метеорита оценивается в 70 т, собрано более 23 т.

Метеориты состоят из тех же химических элементов, которые имеются и на Земле. Это в основном следующие восемь элементов: железо, никель, магний, кремний, сера, алюминий, кальций и кислород. Остальные элементы встречаются в метеоритах в очень малых количествах. Соединяясь между собой, эти элементы образуют в метеоритах различные минералы, большинство которых имеется и на Земле. Но встречаются метеориты и с неизвестными на Земле минералами.

Железные метеориты почти целиком состоят из железа в соединении с никелем и незначительным количеством кобальта. В каменистых метеоритах находятся силикаты — минералы, представляющие собой соединения кремния с кислородом и примесью других элементов (магния, алюминия, кальция и др.). Встречается в каменных метеоритах и никелистое железо в виде зернышек, рассеянных по всей массе метеорита. Железокаменные метеориты состоят почти из равных количеств каменистого вещества и никелистого железа.

Если взглянуть на излом каменного метеорита, то можно заметить округлые частицы — хондры. Они имеют форму шариков диаметром 2—5 мм.

В разных местах Земли были обнаружены тектиты — стеклянные куски небольшого размера, массой в несколько граммов. В настоящее время установлено, что тектиты — это застывшие брызги земного вещества, выброшенные (иногда на огромные расстояния) при образовании метеоритных кратеров.

КАК УЗНАТЬ МЕТЕОРИТ

За год на поверхность Земли падает не менее тысячи метеоритов, но в руки ученых попадают немногие. Практически все они найдены случайно. Известно три основных класса метеоритов. Железные представляют собой монолитные куски железоникелевого сплава. Железокаменные напоминают металлическую губку, заполненную силикатным веществом. На Земле такие горные породы не встречаются. Каменные метеориты узнать труднее. Надежно это сделать могут только специалисты. Однако простейшие признаки метеоритов указать можно.

1. Большая плотность: метеориты тяжелее, чем, например, гранит или осадочные породы. 2. На поверхности метеоритов часто видны регмаглипты — сглаженные углубления, напоминающие вмятины пальцев на глине. 3. Иногда ориентированная форма: метеорит похож на затупленную головку снаряда. 4. На свежих экземплярах видна темная, тонкая (толщиной около 1 мм) кора плавления. 5. Излом чаще всего серого цвета, на котором иногда заметны маленькие (размером около 1 мм) шарики — хондры. 6. У большинства на пришлифованном разрезе видны вкрапления металлического железа. 7. Заметна намагниченность: стрелка компаса заметно отклоняется. 8. С течением времени окисляются на воздухе, приобретая бурый, ржавый цвет. 9. У железных метеоритов на полированном и протравленном кислотой разрезе часто проявляются видманштеттеновы фигуры — крупные кристаллы металла.

Полезно знать также, чего у метеоритов не бывает.

1. Метеориты никогда не проплавляются насквозь подобно шлаку и не имеют внутри пузырьков, пустот, каверн. 2. Отсутствует слоистость, нередко наблюдающаяся у сланцев, песчаников, яшмовидных пород. 3. Нет карбонатных пород вроде мела, известняка, доломита. 4. Не встречаются окаменелости: раковины, отпечатки ископаемой фауны и т. п. 5. У метеоритов не бывает крупной кристаллической структуры, подобной граниту. 6. Падают метеориты не горячими и не могут вызвать ожогов, загораний. 7. Падение происходит почти вертикально, так что в форточку метеориты влететь не могут. 8. Если вы видели болид, значит, метеорит выпал далеко от вас, за много километров. Так что по соседству его искать не стоит.

Метеориты представляют собой очень большую научную ценность, так как являются внеземным веществом. В случае находки их нужно обязательно сохранить и передать в научные учреждения. Академия наук СССР премирует лиц, передавших ей метеориты. Если возникает необходимость проверить метеоритное происхождение какого-либо образца, то следует отколоть или отпилить кусочек 50—100 г и отправить его по адресу: 117313, Москва, улица Марии Ульяновой, 3, Комитет по метеоритам АН СССР.

Не огорчайтесь, если не найдете метеорит: это удается немногим.



Совокупность имеющихся данных указывает на то, что метеориты являются обломками *малых планет* — астероидов. Сталкиваясь между собой, они дробятся на еще более мелкие осколки. Эти осколки, встречаясь с Землей, падают на ее поверхность в виде метеоритов.

Изучение метеоритов дает представление о составе, структуре и физических свойствах других небесных тел — астероидов, спутников больших планет и др., а также пополняет наши сведения о внутреннем строении и составе Земли. В последние годы разработаны новые методы, позволяющие изучать воздействие на метеориты *космических лучей* в межпланетном пространстве.

Метеориты падают всегда неожиданно, и нельзя заранее определить, когда и где они упадут. Лишь малая доля метеоритов, выпадающих на Землю, попадает в руки исследователей. Большинство падает в океаны и в пустынных местах. В коллекциях мира собраны метеориты, представляющие приблизительно 3500 отдельных падений. Около $^1/_3$ из этого числа метеоритов наблюдались при падении; остальные — случайные находки (среди последних преобладают железные, так как они дольше сохраняются и больше привлекают к себе внимание).

МЕТЕОРНЫЙ ПАТРУЛЬ

Метеорный патруль — астрономический инструмент, представляющий собой группу из нескольких фотокамер или одну камеру со специальным широкоугольным объективом и предназначенный для фотографирования *метеоров* в большой области неба. Обычно метеорные патрули снабжаются вращающимся обтюратором, прерывающим след метеора на пластинке несколько десятков раз в секунду и позволяющим таким образом по длине отдельных черточек определять угловую скорость метеора. При наблюдениях обычно используют два или более метеорных патруля, установленных на расстоянии нескольких десятков километров один от другого. Два снимка одного и того же метеора из двух пунктов позволяют найти его траекторию в атмосфере и по угловой скорости его движения вычислить линейную скорость. Эти данные позволяют определить орбиту частички, породившей метеор, в межпланетном пространстве, до ее встречи с *Землей*. Установленные перед объективами фотокамер призмы или дифракционные решетки позволяют фотографировать спектры метеоров.

С целью получения наибольшего числа метеорных снимков фотографирование (патрулирование) неба проводится всю ночь со сменой кадров через каждые 0,5—1 ч.

МЕТЕОРЫ

Метеоры — кратковременные вспышки в атмосфере *Земли* (обычно на высотах 80—130 км), возникающие при вторжении в нее с огромной скоростью (от 11 до 73 км/с) твердых частиц — метеорных тел. Блеск метеоров зависит как от массы породивших их частиц, так и от скорости их движения в атмосфере.

В ясную темную ночь невооруженным глазом можно заметить в среднем 10 метеоров в час. Они порождаются частицами в доли миллиметров и крупнее. Более мелкие частицы порождают телескопические метеоры, видимые лишь в бинокль или телескоп. Яркие метеоры можно фотографировать светосильными камерами. При этом, чтобы охватить большой участок неба, обычно применяют *метеорный патруль*.

Проникая в земную атмосферу, небольшие частицы еще в очень разреженных верхних слоях нагреваются ударами молекул воздуха, и на высотах 80—130 км (в зависимости от скорости) начинается их интенсивное испарение, завершающееся на высотах 60—100 км (в зависимости от их скорости и массы). Тела размером в десятки сантиметров проникают глубже, порождая *болиды*.

При столкновениях испарившихся молекул с молекулами воздуха и друг с другом происходит их распад на атомы, возбуждение и ионизация образующихся атомов, что вызывает свечение метеоров. Ионизованные следы, оставленные метеорами, отражают радиоволны, и поэтому метеоры можно наблюдать и при помощи радиолокационной аппаратуры. Измерения смещения следов метеоров позволяют изучать стратосферные ветры.

Главным источником мелких твердых частиц, порождающих метеоры, является распад ядер периодических комет. Лишь 1—2% метеоров порождается частицами, возникающими при столкновении астероидов (малых планет) между собой. Частицы астероидного происхождения движутся, как и сами астероиды, в направлении движения Земли, т. е. обладают малой относительной скоростью. Это приводит к тому, что лишь немногочисленные крупные частицы порождают метеоры, доступные наблюдениям.

При распаде кометного ядра возникает рой частиц, движущихся приблизительно вдоль орбиты кометы. Небольшие различия в периодах обращения отдельных частиц приводят к растягиванию роя вдоль орбиты, так что через несколько оборотов рой превращается в замкнутое эллиптическое кольцо. Под действием планетных притяжений толщина кольца непрерывно возрастает. Через несколько тысяч лет после распада кометного ядра и прекращения пополнения роя поток сливается с общим фоном

Метеоры одного и того же метеорного потока как бы вылетают из одной точки неба — радианта.

КАК ОПРЕДЕЛИТЬ РАДИАНТЫ И ЧИСЛЕННОСТЬ МЕТЕОРОВ



Метеоры представляют собой один из немногих небесных объектов, наблюдая которые астрономы-любители могут получить данные, представляющие научный интерес. В постоянной части «Астрономического календаря» даны инструкции для различных видов наблюдений. Две из них, приведенные ниже, наиболее подходят для начинающего любителя.

Нанесение метеоров на карту. Цель работы — определение положения радианта метеорного потока. Содержание ее заключается в том, что метеоры зарисовываются на звездной карте. При этом записываются также блеск и момент пролета. Следует фиксировать не все метеоры, а лишь те, положение которых на небе замечено уверенно. Для работы удобен малый «Звездный атлас» А. А. Михайлова или атлас А. Бечвара. Рисовать, разумеется, лучше не на самих атласах, а на изготовленных копиях.

На звездной карте после удачной ночи наблюдений окажутся беспорядочно размещенные по небу спорадические метеоры, а также метеоры, относящиеся к тому или иному потоку и вылетающие как бы из одной точки неба — радианта. Местоположение радианта среди звезд находится графически: для этого нужно продолжить зарисованные видимые пути метеоров назад. Чем больше метеоров, тем точка пересечения построенных таким образом линий определится точнее.

Тренировочные наблюдения желательно начинать с обильных хорошо известных потоков: Лирид (максимум 21 апреля), Квадрантид (3 января), Персеид (12 августа), Орионид (21 октября), Геминид (13 декабря). Однако научный интерес представляют исследования малоизученных радиантов слабых потоков, подтверждение и уточнение их. Списки метеорных потоков помещены в упоминавшемся «Астрономическом календаре».

Численность метеоров. Задача заключается в том, чтобы сосчитать, сколько метеоров каждой звездной величины появилось на выбранной площади неба за определенное время. Результатом будет так называемое часовое число и изменение его в течение ночи или день ото

метеорных частиц, заполняющих межпланетное пространство.

Земля встречается лишь с теми метеорными потоками, орбита которых пересекает земную орбиту. При замкнутом рое поток метеоров наблюдается ежегодно около той даты, когда Земля проходит точку пересечения. В зависимости от толщины потока, т. е. от его возраста, время наблюдения метеоров потока длится от нескольких часов до нескольких недель.

При встрече Земли с потоком метеорных частиц наблюдаются метеоры с почти параллельными траекториями в атмосфере (метеорный поток). Для земного наблюдателя, вследствие перспективы, такие траектории выглядят как бы выходящими из одной точки неба, которую называют радиантом. Метеорные потоки называют по созвездию (латинское название), в котором расположены их радианты. Наиболее интересные метеорные потоки: Квадрантиды (наблюдаются ежегодно 3 января), Лириды (20—24 апреля), Аквариды (1—9 мая), Персеиды (5—18 августа), Дракониды (10 октября), Ориониды (20—24 октября), Леониды (15—17 ноября), Геминиды (10—16 декабря). Большинство главных метеорных потоков не имеют большой пространственной плотности частиц в рое, а движутся навстречу Земле и потому обладают большой относительной скоростью. В результате этого даже многочисленные мелкие частицы способны порождать метеоры, доступные наблюдению. В роях некоторых слабых потоков, догоняющих Землю, плотность частиц больше, чем в роях главных метеорных потоков. Большинство метеоров называют спорадическими, т. е. случайными, но на самом деле они принадлежат слабым невыявленным потокам. Несколько раз в столетие Земля встречается с особо плотными частями метеорных роев, и тогда наблюдаются кратковременные «метеорные дожди», длящиеся 1—2 ч.

Подсчитано, что за сутки выпадает на Землю около 100 т метеорного вещества.

дня. Для работы околозенитную область ограничивают круглой рамкой в виде кольца. Наблюдатель располагается под ней лежа. Нетрудно подсчитать, что рамка площадью 2 м^2, приподнятая на 1,5 м, вырежет на высоте метеорного слоя (примерно 90 км) площадь 7200 км^2.

Необходимо определить также чистое время счета, для чего записываются время начала, конца и перерывов в наблюдениях. Блеск метеора в максимуме оценивается по сравнению со звездами. Наблюдателю, кроме того, надо уметь отличать спорадические метеоры от поточных, т. е. знать радианты, характерные для метеоров в день наблюдений.

Один человек замечает не все метеоры, поэтому работают группой 3—5 наблюдателей. Важно отмечать, кто заметил тот или иной метеор. Это позволит при обработке исключить общие метеоры. Самим наблюдателям не следует отрываться от неба, запись ведет секретарь.

Для работы нужно выбирать ясные безлунные ночи, позаботиться о фонариках, часах и другом оборудовании и снаряжении.

МИКРОМЕТР

Микрометр — приспособление для высокоточного измерения малых расстояний в фокальной плоскости зрительной трубы. С помощью этого инструмента измеряют углы между близкими объектами, видимыми в телескоп. Микрометр стали применять в XVII в.

Он состоит из рамки с натянутой нитью или стекла с нанесенной риской. Нить или риска поочередно наводится на заданные объекты (например, на компоненты *двойной звезды*) с помощью микрометрического винта. Принцип действия микрометра основан на том, что линейное перемещение рамки с нитью (или риской) пропорционально углу поворота микрометрического винта, который легко регистрируется по отсчетному барабану достаточно большого радиуса.

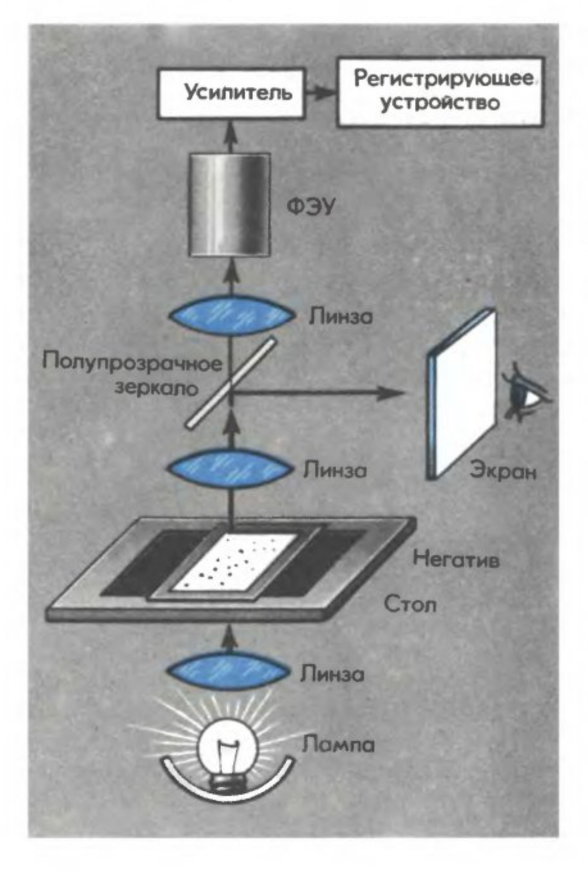
У микрометров высокого качества точность измерений достигает 0,5 мкм.

МИКРОФОТОМЕТР

Микрофотометр — прибор, который используется для детального изучения изображений, получаемых на фотографической пластинке. С помощью микрофотометра можно измерить степень почернения проявленного негатива. Те, кто занимался фотографией, знают, что чем больше света падает на фотографическую пластинку при экспонировании, тем она будет чернее, или, как говорят фотографы, плотнее. Измеряя плотность снимка с изображением небесного объекта, например туманности или звезды, можно получить сведения о яркости туманности в разных ее частях или же о блеске звезды. Если снимок получен с помощью *астроспектрографа,* то таким же образом измерение плотности в разных участках пластинки позволяет изучить спектр данного небесного тела.

Используемый в микрофотометре способ измерения плотности изображения основан на том, что чем чернее изображение, тем меньше

Схема, поясняющая принцип работы микрофотометра.



оно пропускает света. Таким образом, измерение плотности изображения сводится к измерению количества проходящего через него света.

Микрофотометр отличается от просто фотометра тем, что с его помощью можно измерять участки изображения очень малых размеров. Этот участок можно видеть в увеличенном размере на специальном экране.

На рисунке показана схема микрофотометра, поясняющая принцип его работы. Фотографическую пластинку кладут на подвижный прозрачный столик, который может автоматически перемещаться перпендикулярно направлению луча. В современных микрофотометрах результаты измерений могут вводиться непосредственно в электронную вычислительную машину для их численной обработки.

МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ

Млечный Путь — неярко светящаяся белесая полоса неправильной формы, наблюдаемая на *звездном небе;* состоит из огромного количества слабых *звезд,* не видимых отдельно невооруженным глазом. Наблюдаемая ширина полосы Млечного Пути в разных его частях не одинакова и составляет от 5° до 30°. Яркость Млечного Пути также не одинакова: он ярче всего в созвездиях Стрельца, Креста и Центавра, слабее всего в созвездиях Персея, Жирафа и Возничего.

Чем меньше рассеянного света в земной атмосфере, тем ярче выделяется полоса Млечного Пути на фоне звездного неба (поэтому особенно благоприятны условия для наблюдения Млечного Пути вдали от городов, в горах). В крупных городах яркость ночного неба настолько велика, что Млечный Путь часто вообще не виден.

Происхождение названия Млечный Путь связано с греческим мифом о струе молока, брызнувшей на небо из груди богини Геры в то время, когда она кормила младенца Геркулеса. Отсюда получила свое название и *Галактика,* поскольку Млечный Путь по-гречески называется «галаксиас».

Систематическое изучение Млечного Пути начал английский астроном *В. Гершель* в конце XVIII в. Произведя подсчеты звезд в разных направлениях, он заключил, что *Солнце* находится внутри сплюснутой звездной системы. Сейчас известно, что полоса Млечного Пути — это наиболее плотная часть нашей звездной системы — Галактики, ее диск, который мы рассматриваем изнутри, находясь вблизи плоскости симметрии диска. Следует иметь в виду, что из-за поглощения света звезд межзвездной пылью, сконцентрированной в плоскости Галактики, видимая картина Млечного Пути отражает распределение в пространстве лишь сравнительно близких к Солнцу звезд. Для определения же формы Галактики и расстояния до ее центра необходим правильный учет межзвездного поглощения света. Большую помощь здесь оказывают инфракрасные наблюдения и радионаблюдения.

От созвездия Лебедя к созвездию Центавра Млечный Путь разделяется на два параллельных рукава темным промежутком, обусловленным наличием большого количества пылевой материи в межзвездной среде. В середине этого темного промежутка в созвездии Стрельца по инфракрасным наблюдениям было обнаружено ядро Галактики, частично заслоненное пылевыми облаками.

С помощью радионаблюдений удалось доказать, что темные области в Млечном Пути — это плотные газопылевые облака, экранирующие свет лежащих за ними звезд и связанные, как правило, со спиральными рукавами Галактики.

Отметим, что не все видимые части Млечного Пути связаны с нашей Галактикой. Например, *Магеллановы Облака,* кажущиеся наблюдателям Южного полушария частями Млечного Пути, являются самостоятельными галактиками, расположенными по соседству с нашей Галактикой.

Н, О

НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА

Небесная механика — раздел *астрономии*, в котором на основе законов и принципов механики изучается движение в пространстве различных естественных и искусственных небесных тел. Небесная механика как строго обоснованная наука возникла после открытия *И. Ньютоном* закона всемирного тяготения (см. *Гравитация*). На этот закон, а также на три закона механики опирается в своих исследованиях небесная механика.

Небесная механика использует аналитические, качественные и численные математические методы исследования и решения уравнений движения небесных тел. Аналитические методы позволяют находить решение задач в виде формул. Качественные методы дают возможность узнать свойства решений, не находя сами решения. Численные методы, получившие очень большое распространение в наши дни благодаря появлению мощных электронных вычислительных машин (ЭВМ), дают решения в виде таблиц, содержащих координаты небесных тел.

К числу объектов исследования небесной механики относятся *планеты*, спутники, *кометы, малые планеты, звезды*, космические системы, *искусственные спутники, автоматические межпланетные станции*.

Небесная механика исследует движения больших планет *Солнечной системы* относительно Солнца, движения *спутников планет*, малых планет и комет, а также движения звезд в звездных системах, искусственных небесных тел (см. *Астродинамика*).

В математической постановке перечисленные проблемы сводятся к решению трех основных задач небесной механики.

В наименее сложной задаче двух тел тре-



ИСААК НЬЮТОН (1643—1727)

Исаак Ньютон — великий английский физик, механик, астроном и математик. Высокое признание получили работы Ньютона, в которых он заложил основы научного понимания законов мироздания взамен фантастических домыслов религии.

Исаак Ньютон родился в местечке Вулсторп близ города Грантема в семье небогатого фермера. Учился в Кембриджском университете. В 1669—1701 гг. Ньютон — профессор физики и математики в Кембриджском университете; с 1703 г. почти четверть века — бессменный президент Лондонского королевского общества — английской академии наук.

Ньютон сформулировал основные законы классической механики, открыл закон всемирного тяготения, разработал основы дифференциального и интегрального исчислений. Главный труд Ньютона «Математические начала натуральной философии» (1687) был отправным пунктом всех работ по механике и небесной механике в течение последующих двух веков. В книге «Оптика» он объяснил большинство световых явлений с помощью развитой им корпускулярной теории света.

Физические открытия Ньютона были тесно связаны с решением астрономических задач. Оптика Ньютона выросла из попыток усовершенствовать объективы для астрономических телескопов-рефракторов, избавить их от искажений — аберраций. В 1668 г. он разработал конструкцию зеркального телескопа-рефлектора и за это в 1672 г. был избран членом Лондонского королевского общества. Ньютон на основе установленного им закона всемирного тяготения сделал заключение, что все планеты и кометы притягиваются к Солнцу, а спутники — к планетам с силой, обратно пропорциональной квадрату расстояния, и разработал теорию движения небесных тел. Ньютон показал, что из закона всемирного тяготения вытекают законы Кеплера, пришел к выводу о неизбежности отклонений от этих законов вследствие возмущающего действия на каждую планету или спутник остальных тел Солнечной системы. Теория тяготения позволила ему объяснить многие астрономические явления — особенности движения Луны, прецессию, приливы и отливы, сжатие Юпитера, разработать теорию фигуры Земли.

Взгляды Ньютона, его способность объяснить и описать широчайший круг явлений природы, особенно астрономических, оказали огромное влияние на дальнейшее развитие науки.

буется определить движение в пространстве двух небесных тел, взаимно притягивающих друг друга в соответствии с законом всемирного тяготения. Эта задача решена полностью. Установлено, что *орбиты небесных тел* относительно их центра масс могут быть только эллиптической, параболической или гиперболической формы. При решении этой задачи (так же как и задачи трех тел) небесные тела считаются материальными точками, т. е. предполагается, что их размеры во много раз меньше, чем расстояния между ними (что и наблюдается в действительности).

Наиболее подходящая система, к которой применима задача двух тел, — система «Солнце — планета». Еще *И. Кеплер* в начале XVII в. открыл три закона движения планет (см. *Кеплера законы*), которые, как оказалось позже, являются частным (эллиптическим) случаем решения задачи двух тел.

Но в природе все взаимосвязано. Поэтому движение планет происходит под влиянием не только Солнца, но и других планет, оказывающих друг на друга «возмущающие» влияния. По этой причине для более точного описания движения планет используется другая математическая модель — задача трех и большего числа тел. К сожалению, эта задача не может быть решена в точном виде. Однако созданы многочисленные приближенные методы для ее решения, которыми пользуются астрономы, в частности для расчета координат планет. По результатам сложных вычислений, выполняемых на ЭВМ, регулярно издаются астрономические ежегодники, содержащие координаты больших планет и другие сведения, нужные астрономическим обсерваториям для организации наблюдений и обработки их результатов (см. *Астрономические ежегодники и календари*).

При изучении движения естественных и искусственных спутников, обращающихся на относительно небольших расстояниях от планет, нельзя считать планету материальной точкой, а следует учитывать ее форму, а также вращение ее вокруг оси, сопротивление, оказываемое на движение спутника планетной атмосферой. Эти задачи стали особенно актуальными в связи с запуском искусственных спутников.

В настоящее время созданы методы исследования движения искусственных спутников Земли, основанные на точном решении уравнений движения в поле тяготения сжатой осесимметричной планеты с использованием ЭВМ. Эта проблема относится к задаче о движении материальной точки в поле притяжения центрального тела, имеющего форму, отличную от шара.

Перечисленные задачи небесной механики называются прямыми задачами. К обратным задачам относят определение сил, действующих на космические объекты, и их масс по известному их движению. В результате изучения движения искусственных спутников Земли уточнены форма Земли и распределение плотности вещества внутри ее, а также определена плотность атмосферы на разных высотах над Землей и в разные времена года. По движению искусственных спутников Луны были определены полярное и экваториальное сжатия Луны и другие величины, характеризующие гравитационное поле Луны.

Одним из наиболее замечательных достижений небесной механики было открытие планеты *Нептун*. Изучая движение планеты *Уран*, *У. Леверье* и Дж. Адамс предсказали существование неизвестной в то время планеты, которая вносила неправильности в движение Урана, определили элементы ее орбиты и массу. Эти расчеты полностью подтвердились наблюдениями, выполненными И. Галле на Берлинской обсерватории, в результате которых в 1846 г. была открыта планета Нептун.

НЕБЕСНАЯ СФЕРА

Небесная сфера — воображаемая сфера произвольного радиуса, используемая в *астрономии* для описания взаимных положений светил на небосклоне. Для простоты расчетов ее радиус принимают равным единице; центр небесной сферы в зависимости от решаемой задачи совмещают со зрачком наблюдателя, с центром *Земли*, *Луны*, *Солнца* или вообще с произвольной точкой пространства.

Представление о небесной сфере возникло в глубокой древности. В основу его легло зрительное впечатление о существовании хрустального купола неба, на котором будто бы укреплены звезды. Небесная сфера в представлении древних народов была важнейшим элементом *Вселенной*. С развитием астрономии такой взгляд на небесную сферу отпал. Однако заложенная в древности геометрия небесной сферы в результате развития и совершенствования получила современный вид, в котором для удобства различных расчетов и используется в *астрометрии*.

Рассмотрим небесную сферу, как она представляется наблюдателю в средних широтах с поверхности Земли (рис. 1).

Две прямые, положение которых может быть установлено экспериментально с помощью физических и астрономических инструментов, играют важную роль при определении понятий, связанных с небесной сфе-

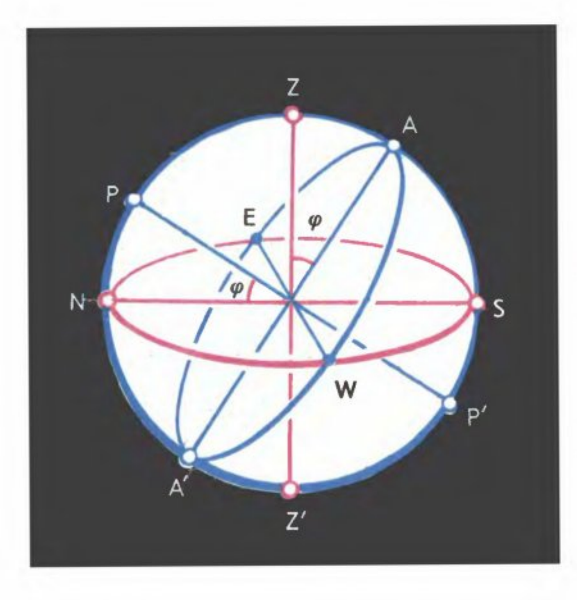


Рис. 1. Вид небесной сферы для наблюдателя в средних широтах.

рой. Первая из них — отвесная линия; это прямая, совпадающая в данной точке с направлением действия силы тяжести. Эта линия, проведенная через центр небесной сферы, пересекает ее в двух диаметрально противоположных точках: верхняя называется зенитом, нижняя — надиром. Плоскость, проходящая через центр небесной сферы перпендикулярно отвесной линии, называется плоскостью математического (или истинного) горизонта. Линия пересечения этой плоскости с небесной сферой называется *горизонтом.*

Второй прямой служит ось мира — прямая, проходящая через центр небесной сферы параллельно оси вращения Земли; во-

УГЛОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ БЕЗ ИНСТРУМЕНТОВ

В практике астрономических наблюдений часто приходится измерять углы между направлениями на небесные светила или определять угловые размеры протяженных астрономических объектов. Для этого используются точные угломерные инструменты. Но иногда любитель астрономии сталкивается с необходимостью произвести подобные измерения, не имея под руками инструмента, хотя бы приближенно.

Например, во время вечерней прогулки вы увидели яркий болид. Постарайтесь по свежему впечатлению возможно точнее определить направление пролета болида и длину его видимого пути. Это проще всего сделать, соотнеся наблюдаемое явление с ближайшими созвездиями, яркими светилами и горизонтом. Здесь вам пригодятся способы безынструментальных угловых измерений.

Ведите измерение углов по пальцам и ладони вытянутой руки. Только помните, что угловая ширина среднего пальца на расстоянии вытянутой руки составляет около 2°, поперечник ладони равен примерно 10°, угол между расставленными большим и указательным пальцами — около 15°÷17°, а угловое расстояние от конца мизинца до конца большого пальца равно примерно четверти прямого угла. Это средние данные. Уточните их для своей собственной руки. Для этого прикрепите к стене полоску бумаги, на которую предварительно нанесите параллельные черточки с интервалом 5 см. Если на эту полоску вы будете смотреть с расстояния 286 см, то интервал между двумя соседними черточками виден под углом в 1°.

При желании для большей точности измерений расстояние между расставленными пальцами вы можете «закрепить». Возьмите прочную суровую нитку с двумя завязанными на концах петлями. Длина нитки должна быть такой, чтобы петли, надетые на концы, например, большого и указательного пальцев, ограничивали тот или иной заданный угол.

Таким способом (либо с помощью угломерного инструмента) потренируйтесь в зрительном определении угловых величин на небесном своде. Вы легче их определите, если запомните некоторые угловые расстояния между яркими звездами, угловые размеры рисунков нескольких выразительных созвездий. Так, например, длина ковша Белой Медведицы — около 30°, а расстояние между α и β этого созвездия 5°. Выберите себе и другие вехи на звездном небе. Помните также, что угловой диаметр дисков Луны и Солнца составляет примерно 0,5°. При определении углов смотреть надо одним глазом.





Рис. 2. Вид небесной сферы для наблюдателя на полюсах.

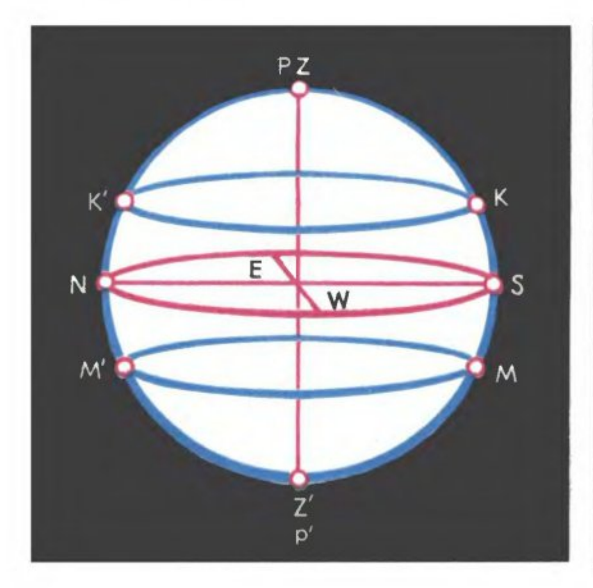
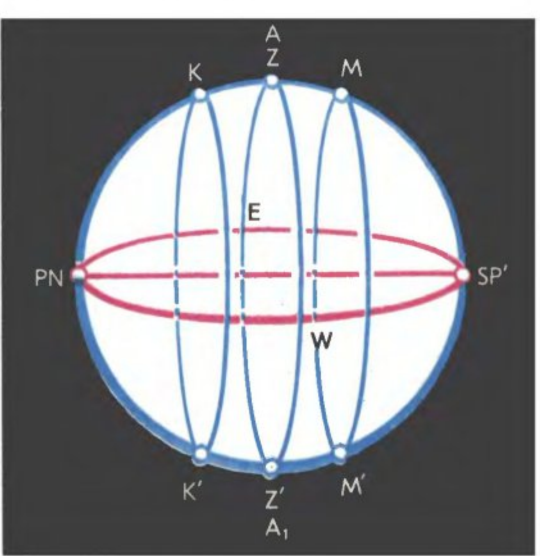


Рис. 3. Вид небесной сферы для наблюдателя на экваторе.



круг оси мира происходит видимое суточное вращение всего небосвода. Точки пересечения оси мира с небесной сферой называются Северным и Южным полюсами мира. Наиболее приметная из звезд вблизи Северного полюса мира — *Полярная звезда.* Ярких звезд около Южного полюса мира нет.

Плоскость, проходящая через центр небесной сферы перпендикулярно оси мира, называется плоскостью небесного экватора. Линию пересечения этой плоскости с небесной сферой называют небесным экватором.

Напомним, что окружность, которая получается при пересечении небесной сферы плоскостью, проходящей через ее центр, называется в математике большим кругом, а если плоскость не проходит через центр, то получается малый круг. Горизонт и небесный экватор представляют собой большие круги небесной сферы и делят ее на два равных полушария. Горизонт делит небесную сферу на видимое и невидимое полушария. Небесный экватор делит ее соответственно на Северное и Южное полушария.

При суточном вращении небосвода светила вращаются вокруг оси мира, описывая на небесной сфере малые круги, называемые суточными параллелями; светила, удаленные от полюсов мира на 90°, движутся вдоль большого круга небесной сферы — небесного экватора.

Определив отвесную линию и ось мира, нетрудно дать определение всем остальным плоскостям и кругам небесной сферы.

Плоскость, проходящая через центр небесной сферы, в которой одновременно лежат и отвесная линия, и ось мира, называется плоскостью небесного меридиана. Большой круг от пересечения этой плоскостью небесной сферы называют небесным меридианом. Та из точек пересечения небесного меридиана с горизонтом, которая находится ближе к Северному полюсу мира, называется точкой севера; диаметрально противоположная — точкой юга. Прямая, проходящая через эти точки, есть полуденная линия.

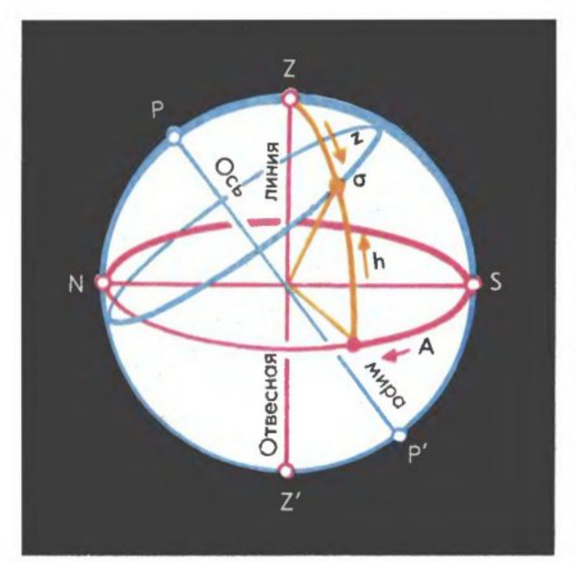
Точки горизонта, отстоящие на 90° от точек севера и юга, называются точками востока и запада. Эти четыре точки называют главными точками горизонта.

Плоскости, проходящие через отвесную линию, пересекают небесную сферу по большим кругам и называются вертикалами. Небесный меридиан является одним из вертикалов. Вертикал, перпендикулярный меридиану и проходящий через точки востока и запада, называют первым вертикалом.

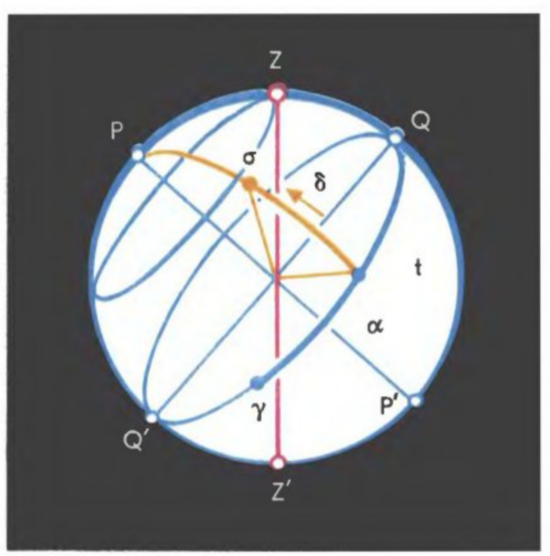
По определению три основные плоскости — математического горизонта, небесного меридиана и первого вертикала — взаимно перпендикулярны. Плоскость же небесного экватора перпендикулярна лишь плоскости небесного меридиана, образуя с плоскостью горизонта двугранный угол. На географических полюсах Земли плоскость небесного экватора совпадает с плоскостью горизонта, а на экваторе Земли становится ей перпендикулярной. В первом случае, на географических полюсах Земли, ось мира совпадает с отвесной линией и за небесный меридиан может быть принят любой из вертикалов в зависимости от условий стоящей задачи. Во втором случае, на экваторе, ось мира лежит в плоскости горизонта и совпадает с полуденной линией; Северный полюс мира при этом совпадает с точкой севера, а Южный полюс мира — с точкой юга (см. рис.).

При использовании небесной сферы, центр

Горизонтальная система небесных координат.



Экваториальная система небесных координат.



которой совмещается с центром Земли или какой-либо другой точкой пространства, также возникает ряд особенностей, однако принцип введения основных понятий — горизонт, небесный меридиан, первый вертикал, небесный экватор и т. п. — остается прежним.

Основные плоскости и круги небесной сферы используются при введении горизонтальных, экваториальных и эклиптических *небесных координат,* а также при описании особенностей видимого суточного вращения светил.

Большой круг, образуемый при пересечении небесной сферы плоскостью, проходящей через ее центр и параллельной плоскости земной орбиты, называется *эклиптикой.* По эклиптике происходит видимое годичное движение Солнца. Точка пересечения эклиптики с небесным экватором, в которой Солнце переходит из Южного полушария небесной сферы в Северное, называют *точкой весеннего равноденствия.* Противоположная точка небесной сферы называется точкой осеннего равноденствия. Прямая, проходящая через центр небесной сферы перпендикулярно плоскости эклиптики, пересекает сферу в двух полюсах эклиптики: Северном полюсе — в Северном полушарии и Южном — в Южном полушарии.

НЕБЕСНЫЕ КООРДИНАТЫ

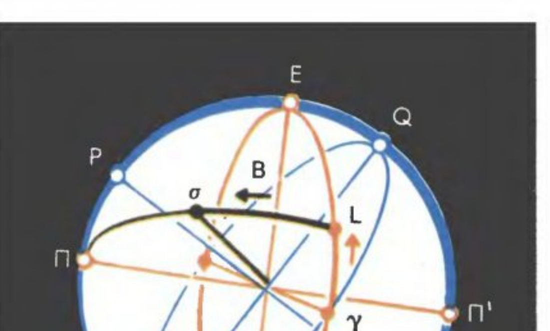
Небесные координаты — общее название ряда координатных систем, с помощью которых определяют положение светил и вспомогательных точек на *небесной сфере.* Они вводятся на геометрически правильной поверхности небесной сферы координатной сеткой, подобной сетке меридианов и параллелей на *Земле.* Координатная сетка определяется двумя плоскостями: плоскостью экватора системы и связанными с ним двумя полюсами, а также плоскостью начального меридиана.

В астрономии применяют несколько систем небесных координат, удобных для решения различных научных и практических задач. При этом используются известные плоскости, круги и точки небесной сферы.

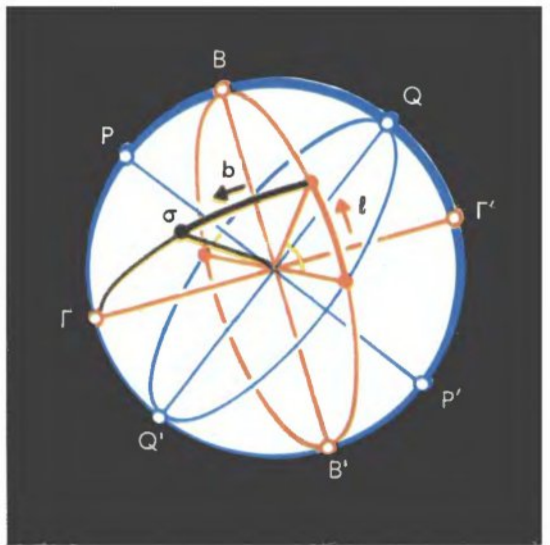
В горизонтальной системе небесных координат основным кругом служит математический, или истинный, горизонт, а координатой, аналогичной географической широте, — высота светила (над горизонтом) h. Она отсчитывается от плоскости горизонта со знаком «плюс» в видимом полушарии небесной сферы и со знаком «минус» — в невидимом, под горизонтом; таким образом, высоты, так же как и широты на Земле, могут принимать значения от $+90$ до $-90°$. Круг небесной сферы, на котором все точки имеют равные высоты, аналогичный географической параллели, называется альмукантаратом. Взамен высоты в астрономии часто используется зенитное расстояние $z=90° - h$. Геометрически зенитное расстояние z представляет собой угол между направлениями на зенит и на объект; оно всегда положительно и принимает значения в пределах от 0 (для точки зенита) до 180° (для точки надира).

Аналогом географической долготы в горизонтальной системе координат служит азимут A, представляющий собой двугранный угол между плоскостью вертикала, проходящего через зенит и рассматриваемую точку, и плоскостью небесного меридиана. Посколь-

Эклиптическая система небесных координат.



Галактическая система небесных координат.



ку обе указанные плоскости перпендикулярны плоскости математического горизонта, мерой двугранного угла может служить соответствующий угол между их следами в горизонтальной плоскости. В *геодезии* принято отсчитывать азимуты от направления на точку севера по часовой стрелке (через точки востока, юга и запада) от 0 до 360°. В астрономии азимуты отсчитываются в том же направлении, однако часто начиная от точки юга. Тем самым астрономические и геодезические азимуты могут отличаться друг от друга на 180°, поэтому важно при решении той или иной задачи на небесной сфере выяснить, с каким именно азимутом приходится иметь дело.

Частным случаем понятия «азимут» служат долго применявшиеся в мореплавании и метеорологии румбы. В морской навигации окружность горизонта делилась на 32 румба, в метеорологии — на 16. Направления на север, восток, юг и запад называют главными румбами. Остальные направления называются по имени главных, например: северо-запад или юго-восток, соответственно, между севером и западом, югом и востоком. Еще более дробные румбы именуют так: румб между севером и северо-западом называют северо-северо-западом; между востоком и юго-востоком — восток-юго-восток и т. д. Таким образом, румб является округленным значением азимута.

Вследствие видимого суточного вращения небосвода вокруг оси мира координаты светил в горизонтальной системе небесных координат для данного пункта Земли постоянно изменяются (см. *Кульминации* и *Элонгации звезд*). Горизонтальные координаты светил зависят также от географических координат места наблюдений; это последнее обстоятельство широко используется в практической астрономии (см. *Астрометрия*): измерения горизонтальных координат светил с помощью, например, *универсального инструмента* дают возможность определять географические координаты пунктов земной поверхности.

В горизонтальной системе координат указывают положения не только небесных светил, но и земных объектов, причем применяются другие названия координат Так, в военном деле вместо термина «высота» употребляют термин «угол возвышения» или «угол места».

В экваториальной системе небесных координат исходной плоскостью служит небесный экватор. Координатой, аналогичной географической широте на Земле, в этом случае является склонение светила, угол между направлением на объект и плоскостью небесного экватора. Склонение (δ) отсчитывается по так называемому часовому кругу от плоскости небесного экватора со знаком «плюс» в Северном полушарии небесной сферы и со знаком «минус» — в Южном; оно может принимать значения в пределах от +90° до —90°. Геометрическим местом точек с равными склонениями является суточная параллель.

Другая координата в экваториальной системе вводится двумя способами.

В первом случае начальной плоскостью служит плоскость небесного меридиана места наблюдений; координата, аналогичная земной долготе, в этом случае называется часовым углом t и измеряется в часовой мере — часах, минутах и секундах. Часовой угол отсчитывается от южной части небесного меридиана в направлении суточного вра-

щения неба до часового круга светила. Вследствие вращения небосвода часовой угол t одного и того же светила в течение суток меняется в пределах от 0 до 24 ч. Такая система небесных координат носит название первой экваториальной. Координата t зависит не только от времени наблюдений, но и от места наблюдений на земной поверхности.

Во втором случае начальной плоскостью служит плоскость, проходящая через ось мира и *точку весеннего равноденствия,* которая вращается вместе со всей небесной сферой. Координата, аналогичная земной долготе, в этом случае называется прямым восхождением (α) и отсчитывается в часовой мере в направлении, обратном направлению вращения звездного неба. Для разных светил она имеет значения от 0 до 24 ч. Однако, в отличие от часовых углов, величина прямого восхождения одного и того же светила не меняется вследствие суточного вращения небосвода и не зависит от места наблюдений на поверхности Земли. Склонения и прямые восхождения называются второй экваториальной системой небесных координат. Эта система используется в звездных каталогах и на звездных картах.

В эклиптической системе основной плоскостью служит плоскость *эклиптики.* Чтобы определить положение светила, проводят через него и полюс эклиптики большой круг, который называется кругом широты данного светила. Его дуга от эклиптики до светила называется эклиптической широтой (или просто широтой) B. Широта является первой координатой в этой системе небесных координат. Она отсчитывается от 0 до 90° со знаком «плюс» в сторону северного полюса эклиптики и со знаком «минус» в сторону ее южного полюса. Вторая координата — эклиптическая долгота (или просто долгота) L; она отсчитывается от плоскости, проходящей

САМОДЕЛЬНЫЙ УГЛОМЕРНЫЙ ИНСТРУМЕНТ



Возьмите две рейки длиной по 60 см, шириной 2,5÷3 см, толщиной 1÷1,5 см. Скрепите их между собой, как ножки школьного циркуля, с помощью болта, двух шайб и гайки. Затем наверните и вторую гайку, чтобы зафиксировать крепление. Рейки скрепите таким образом, чтобы их можно было вращать одну относительно другой с некоторым усилием. Крепежный болт должен выступать над второй гайкой на 0,5 см, что позволит использовать его для наведения угломера на объект наблюдений. На свободных концах реек для наведения укрепите по одному гвоздику, пробитому сквозь рейку (для безопасности затупите их с помощью напильника). Прямоугольный кусок фанеры размером 20×35 см меньшей стороной прикрепите к свободному концу нижней рейки, как флаг к древку (так, чтобы вторая рейка перемещалась вдоль прямоугольника). Средство для крепления — клей или шурупы. Поверхность деталей тщательно обработайте и окрасьте светлой краской.

Последний этап работы — градуировка угломера. На прямоугольнике проведите дугу длиной 35 см и радиусом 57,3 см с центром в месте расположения крепежного болта. Начало дуги и начало отсчета шкалы на ней должны быть на линии, соединяющей болт и штифт (гвоздик) на конце нижней рейки. Расстояние между соседними штрихами шкалы сделайте равным 1 см или 0,5 см. В первом случае цена деления 1°, во втором — 0,5°. Возможная точность измерения углов во втором случае будет выше, но и труда здесь придется затратить значительно больше. Оцифровку проградуированной шкалы делайте с интервалом в 5°, выделив соответствующие деления размером штриха. Максимальный угол, доступный измерениям с помощью самодельного угломера, равен 35°.

При измерении углов угломер крепежным винтом следует приблизить к глазу, одну из реек направить на первый объект, другую — на второй. Раствор «циркуля» и покажет искомый угол между ними. В том месте верхней рейки, которое будет скользить по шкале и указывать измеренный угол, с одной стороны сделайте небольшой прямоугольный вырез до средней линии рейки. Это позволит более точно снимать показания прибора. Установите инструмент на фотоштативе, снабженном штативной головкой с шаровой опорой. Так вы легко сможете направлять угломер на две любые точки небосвода; к тому же он будет устойчив в любой плоскости.

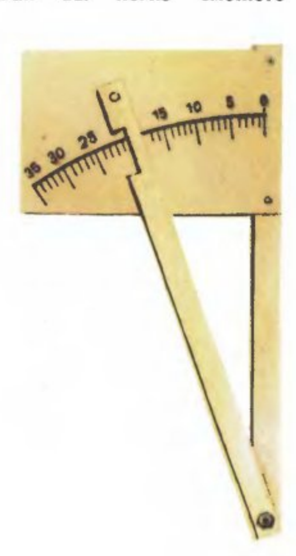
Какие задачи решаются с помощью самодельного угломера?

1. Многократное измерение угловых расстояний от Луны и планет до ярких звезд, расположенных по соседству, с целью определения их перемещений на фоне звезд.

2. Определение ширины и направления полосы Млечного Пути для последующей его зарисовки.

3. Измерение высоты Полярной звезды с целью определения широты места наблюдения.

4. Определение высоты Луны, планет и выбранных звезд в разное время суток с целью определения момента их кульминации.



через полюса эклиптики и точку весеннего равноденствия, в направлении годичного движения Солнца и может принимать значения от 0 до 360°. Координаты звезд в эклиптической системе не меняются в течение суток и не зависят от места наблюдений.

Эклиптическая система исторически появилась раньше второй, экваториальной. Она была удобной потому, что древние угломерные инструменты, такие, например, как армиллярная сфера, были приспособлены для измерения непосредственно эклиптических координат Солнца, планет и звезд. В связи с этим эклиптическая система является основой всех старинных звездных каталогов и атласов звездного неба.

Галактическая система небесных координат используется для изучения нашей *Галактики* и стала применяться сравнительно недавно. Основной плоскостью в ней служит плоскость галактического экватора, т. е. плоскость симметрии *Млечного Пути*. Галактические широты b отсчитываются к северу и к югу от экватора Галактики соответственно со знаками «плюс» и «минус». Галактические долготы l отсчитываются в направлении возрастающих прямых восхождений от плоскости, проходящей через полюса Галактики и точку пересечения экватора Галактики с небесным экватором. Эклиптические и галактические координаты получаются путем вычислений из экваториальных, которые определяются непосредственно из астрономических наблюдений.

Системы небесных координат подразделены также в зависимости от положения их центра в пространстве. Так, топоцентрической называют систему небесных координат, центр которой находится в какой-либо точке на поверхности Земли. Если для решения поставленной задачи используется система координат с центром в центре Земли, то ее называют геоцентрической системой небесных координат. Аналогичным образом систему с центром в центре *Луны* называют селеноцентрической, с центром в одной из планет — планетоцентрической (или более детально: для *Марса* — ареоцентрической, для *Венеры* — афроцентрической и т. п.). Система небесных координат с центром в центре *Солнца* называется гелиоцентрической.

На рисунках к ст. *Небесная сфера, Небесные координаты:* Z и Z' — зенит и надир; P и P' — Северный и Южный полюсы мира; $NWSE$ — горизонт; QQ' — экватор; EE' — эклиптика; BB' — галактический экватор.

НЕБЕСНЫЙ ГЛОБУС

Небесный глобус — шар с нанесенной на нем сеткой экваториальных координат, *эклиптикой* и яркими звездами. Небесный глобус является изображением *небесной сферы* и служит для приближенного решения задач сферической астрономии, связанных с суточным и годичным движениями *Земли,* в частности позволяет определять горизон-

ФРИДРИХ ВИЛЬГЕЛЬМ БЕССЕЛЬ (1784—1846)



Немецкий астроном и математик Фридрих Вильгельм Бессель родился в небольшом городе Минден на северо-западе Германии в семье мелкого чиновника. Свой жизненный путь Бессель начал торговым служащим. Усердно занимаясь самообразованием, он быстро и успешно овладел знаниями по математике и астрономии. Уже 20-летним юношей Бессель самостоятельно вычислил орбиту кометы Галлея. Став ассистентом у крупного астронома И. Шретера, Бессель занимался наблюдениями звезд. Эта работа вскоре принесла ему репутацию видного астронома-наблюдателя и вычислителя-математика.

В 1810 г. Бессель был приглашен в Кёнигсберг, где стал профессором астрономии Кёнигсбергского университета. Здесь под его руководством была построена обсерватория, директором которой он оставался до конца своей жизни.

Бессель — один из основателей астрометрии. Он последовательно проводил в жизнь идею о необходимости вносить в результаты наблюдений поправки, учитывающие влияние самых, казалось бы, незначительных факторов, понижающих точность астрометрических измерений. Бессель разработал строгие математические методы исправления результатов наблюдений. Первой большой работой Бесселя в этом направлении была переработка результатов наблюдений положений звезд в каталоге, составленном в 40—50-х гг. XVIII в. английским астрономом Дж. Брадлеем. В дальнейшем Бессель сам вел наблюдения положений звезд. Он определил положения 75 000 звезд и создал обширные звездные каталоги, которые стали основой современных знаний о звездном небе.

Бессель был одним из первых астрономов, измеривших параллаксы, а тем

Штурманский небесный глобус.



тальные координаты светил для любого момента времени и любой точки земной поверхности. Глобус вставляется в два взаимно перпендикулярных разделенных на градусы кольца, изображающих линию горизонта и меридиан места. Система подвески глобуса дает возможность устанавливать его ось вращения, изображающую ось мира, под любым углом к плоскости горизонта. Вертикальное разделенное на градусы полукольцо, которое можно вращать вокруг вертикальной оси, позволяет отсчитывать топоцентрические горизонтальные *небесные координаты*. Небесные глобусы использовались в навигации, но сейчас практически полностью утратили свое значение в связи с применением радиометодов определения положения корабля в море.

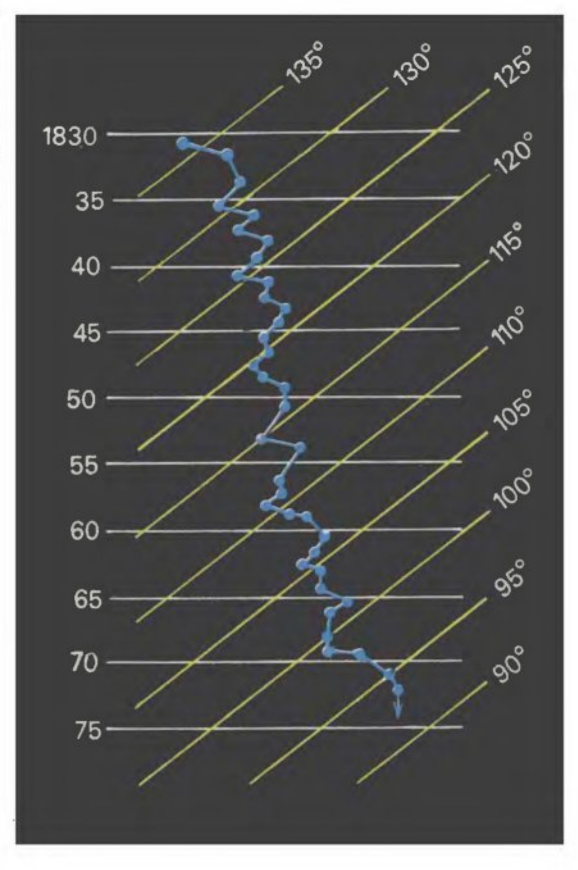
самым и расстояния до звезд. Вслед за В. Я. Струве, который в 1837 г. впервые определил расстояние до звезды Вега в созвездии Лиры, Бессель в 1838 г. измерил расстояние до звезды 61 Лебедя. Эта звезда оказалась одной из ближайших к Солнечной системе.

Наблюдая в течение ряда лет яркие звезды Сириус и Процион, Бессель обнаружил в их движении такие особенности, которые можно было объяснить только тем, что эти звезды имеют спутников (см. *Невидимые спутники звезд, Двойные звезды*). Но эти спутники настолько слабы по светимости, что их нельзя было в то время увидеть в телескопы. Предположения Бесселя впоследствии подтвердились: в 1862 г. обнаружен спутник звезды Сириус, а в 1896 г. — спутник Проциона.

НЕВИДИМЫЕ СПУТНИКИ ЗВЕЗД

Многие звезды, видимые как один объект даже в самые мощные *телескопы*, на деле оказываются двойными (см. *Двойные звезды*). Это устанавливается по наблюдению их блеска или спектра. Иногда один из компонентов настолько мал и имеет настолько слабый блеск, что его существование можно обнаружить только по воздействию его тяготения на движение другого, яркого компонента. Такие слабые компоненты и называют невидимыми спутниками звезд. В настоящее время известно около 20 невидимых спутников у достаточно близких к нам звезд. Массы их невелики — от 0,1 до 0,0015 массы Солнца. Невидимые спутники представляют огромный интерес для исследователей, так как они могут оказаться большими планетами и на них, возможно, существуют внеземные цивилизации. Однако большинство невидимых спутников звезд — слабые звездочки. Распознать среди них спутники-планеты чрезвычайно сложно даже для ближайших к нам звезд.

По движению звезды на протяжении нескольких десятков лет астрономы судят о существовании ее невидимого спутника.



Астрономы начали систематические наблюдения звезд, расположенных на расстоянии 30—40 световых лет от Солнца, еще в 30-х гг. XX в. Чтобы обнаружить невидимые спутники звезд, нужны многие годы очень точных наблюдений. Наблюдения проводятся по строгим программам с помощью длиннофокусных *астрографов*. Существование невидимого спутника проявляется в отклонении *собственного движения звезды* от прямолинейного. Если же звезда двойная, то наличие еще одного, невидимого компонента устанавливают по особенностям движения ярких компонентов.

Надежные сведения о невидимых спутниках получают, исследуя движения звезд на протяжении нескольких десятков лет. Так, проведя тщательный анализ всех результатов измерения положений одной из ближайших к нам звезд — звезды Барнарда, полученных за 60 лет (1916—1976), астрономы установили, что у звезды имеется по крайней мере один темный планетоподобный спутник, обращающийся вокруг нее с периодом в 11,7 года, а многолетние измерения положений двойной звезды 61 Лебедя показали, что в системе 61 Лебедя существуют три невидимых спутника с массами в несколько раз больше, чем у *Юпитера*. Два спутника обращаются с периодами в 6 и 12 лет вокруг одного компонента двойной звезды, а третий обращается за 7 лет вокруг другого компонента.

НЕЙТРИННАЯ АСТРОНОМИЯ

Нейтринная астрономия — раздел *астрономии,* изучающий небесные тела путем регистрации испускаемых ими нейтрино. Это элементарные частицы, не имеющие электрического заряда и движущиеся со скоростью света. Нейтрино образуются в недрах звезд, там, где идут термоядерные реакции. Особенно сильный поток нейтрино должен возникать при вспышках *сверхновых звезд*. Нейтрино очень слабо взаимодействуют с веществом, так что звезды для них практически прозрачны, и образующиеся внутри звезд нейтрино беспрепятственно выходят наружу. Регистрируя их, можно определить температуру, плотность и химический состав в центральных областях звезд, недоступных изучению другими методами.

Регистрировать нейтрино можно, наблюдая вызываемые ими превращения одних атомных ядер в другие. Так, например, при взаимодействии нейтрино с ядром хлора может образоваться ядро радиоактивного аргона. Измеряя скорость образования радиоактивного аргона в баке с химическими соединениями, содержащими хлор, можно узнать поток нейтрино, вызывающих превращение хлора в аргон. Таким же способом можно измерять поток нейтрино, наблюдая превращение лития в бериллий, галлия в германий и некоторые другие реакции.

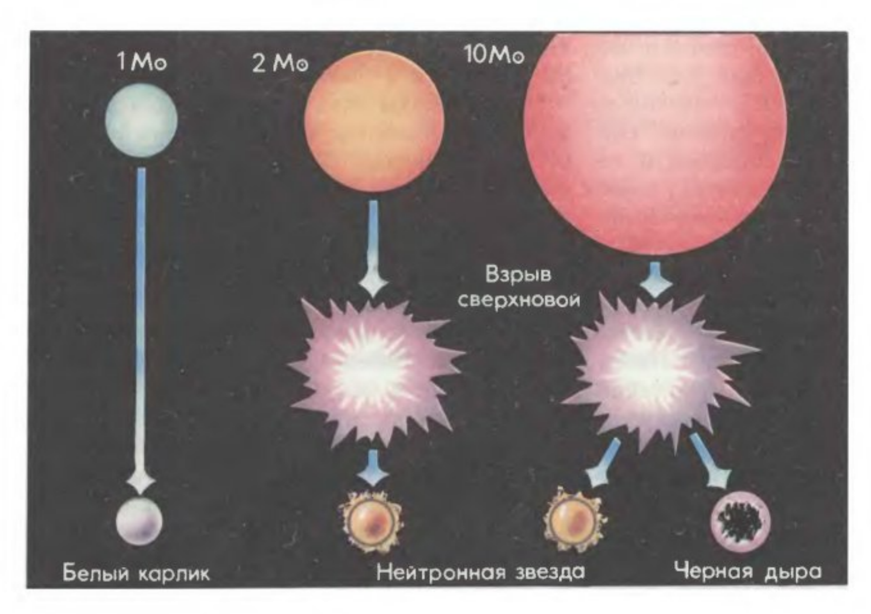
Превращения, вызываемые нейтрино, происходят очень медленно. Так, например, под воздействием солнечных нейтрино в 1700 т хлора в день образуется лишь один атом аргона. Поэтому, чтобы избавиться от помех, вызываемых космическими лучами, нейтринные телескопы располагают глубоко под землей, в шахтах или туннелях.

К настоящему времени предприняты попытки обнаружить нейтринное излучение *Солнца*. Результаты экспериментов показали, что поток солнечных нейтрино заметно меньше теоретически вычисленного, и объяснения этому еще не найдено. Для регистрации нейтрино от других небесных объектов чувствительности существующих нейтринных телескопов недостаточно.

НЕЙТРОННЫЕ ЗВЕЗДЫ

Нейтронные звезды — очень маленькие, сверхплотные небесные тела. Диаметр их в среднем не больше нескольких десятков километров, масса примерно равна массе *Солнца*. При плотностях, достигаемых в недрах нейтронных звезд (свыше 1 млн. т в 1 см^3), невозможно существование не только атомов с электронными оболочками, но и отдельных ядер — все ядра распадаются на составляющие их нейтроны и протоны. Скорости электронов при этом столь высоки, что происходит их слияние с протонами, причем их электрические заряды нейтрализуются и образуются нейтроны. Таким образом, при сверхвысоких плотностях вещество почти полностью состоит из свободных нейтронов и лишь с небольшой примесью протонов и электронов. Отсюда и возникло название «нейтронные звезды». Нейтронные звезды были открыты в 1968 г. как *пульсары*. С нейтронными звездами связаны также некоторые источники жесткого рентгеновского излучения в тесных двойных звездных системах (см. *Рентгеновская астрономия*).

Нейтронные звезды образуются после исчерпания источников термоядерной энергии в недрах обычной звезды, если ее масса к этому моменту превышает 1,4 массы Солнца. Поскольку источники термоядерной энергии отсутствуют, устойчивое равновесие звезды становится невозможным и начинается катастрофическое сжатие звезды к центру —



Конечные стадии эволюции звезд разных масс. Некоторые звезды заканчивают свою эволюцию, превращаясь в нейтронные звезды. Массы звезд указаны в массах Солнца

гравитационный коллапс. Если исходная масса звезды не превышает некоторой критической величины, то коллапс в центральных частях останавливается и образуется горячая нейтронная звезда. Процесс коллапса занимает доли секунды. За ним может последовать либо натекание оставшейся оболочки звезды на горячую нейтронную звезду с испусканием нейтрино (см. *Нейтринная астрономия*), уносящих более 10% массы звезды, либо сброс оболочки за счет термоядерной энергии вращения. Такой выброс происходит очень быстро, и для наблюдателя на Земле он выглядит как грандиозный взрыв — вспышка *сверхновой звезды.* Наблюдаемые учеными нейтронные звезды — пульсары часто связаны с остатками сверхновых звезд.

Нейтронные звезды могут существовать, если их массы больше 0,05 массы Солнца. Если масса нейтронной звезды превышает 3—5 масс Солнца, равновесие ее становится невозможным, и такая звезда будет представлять собой *черную дыру.*

Подробные расчеты внутреннего строения нейтронных звезд показывают, что помимо нейтронов с примесью протонов и электронов во внутренних областях могут образовываться в больших количествах другие элементарные частицы — мезоны и гипероны. Во внешних слоях должно сохраниться много ядер с избытком нейтронов.

Очень важные характеристики нейтронных звезд — вращение и магнитное поле. При сжатии обычной звезды в нейтронную вращение ускоряется, а магнитное поле усиливается. Период вращения нейтронных звезд может достигать (по теоретическим расчетам) 0,001 с; самый короткий из наблюдаемых периодов 0,0016 с. Магнитное поле может быть в миллиарды и триллионы раз сильнее *магнитного поля Земли.*

НЕПТУН

Нептун — восьмая по порядку от *Солнца* большая планета *Солнечной системы.* Нептун был открыт необычным образом. Было замечено, что *Уран* движется не совсем так, как ему полагается двигаться под действием притяжения Солнца и известных в то время *планет.* Тогда заподозрили существование еще одной массивной планеты и попытались предвычислить ее положение на небе. Эту чрезвычайно сложную математическую задачу независимо друг от друга успешно решили английский астроном Дж. Адамс и французский астроном *У. Леверье.* Получив данные Леверье, ассистент Берлинской обсерватории И. Галле 23 сентября 1846 г. обнаружил планету. Открытие Нептуна имело величайшее значение прежде всего потому, что оно послужило блестящим подтверждением правильности закона всемирного тяготения (см. *Гравитация*), положенного в основу расчетов.

Средняя удаленность Нептуна от Солнца — 30,1 а. е., период обращения по орбите 164 года и 288 дней. Таким образом, с момента открытия Нептун еще даже не совершил полного оборота по своей орбите.

Видимый угловой диаметр Нептуна не превышает 2″. При измерении столь малого диаметра угломерными приспособлениями с поверхности Земли относительная ошибка очень велика. Уточнить диаметр Нептуна удалось 7 апреля 1967 г., когда планета в своем движении на фоне звездного неба заслонила одну из далеких звезд. По результатам наблюдений с нескольких астрономических обсерваторий экваториальный диаметр Нептуна был определен равным 50 200 км. Новые

сведения о диаметре позволили уточнить величину средней плотности Нептуна: она оказалась равной 2,30 г/см^3, т. е. несколько больше, чем у других планет-гигантов, состоящих главным образом из водорода и гелия с примесью соединений других химических элементов. В центре Нептуна, согласно расчетам, имеется тяжелое ядро из силикатов, металлов и других элементов, входящих в состав планет земной группы.

Изучение характера ослабления блеска звезды при ее затемнении атмосферой Нептуна дало много дополнительной информации. В частности, был найден средний молекулярный вес надоблачных слоев атмосферы Нептуна. Он соответствует молекулярному водороду с небольшой примесью метана.

Детали на поверхности Нептуна различить очень трудно. Поэтому чрезвычайно сложно определить из наземных наблюдений и период его осевого вращения. Направление полярной оси можно найти косвенным методом: из длительных наблюдений движения спутников Нептуна и прецессии их орбит.

НОВЫЕ ЗВЕЗДЫ

Новыми называются звезды, блеск которых неожиданно возрастает в сотни, тысячи, а иногда и в миллионы раз. Достигнув наибольшей яркости, новая звезда начинает гаснуть и через некоторое время (примерно через год) возвращается в спокойное состояние.

Новые звезды заметно отличаются друг от друга как по мощности вспышки, так и по скорости уменьшения блеска. Интересно, что чем мощнее вспышка новой звезды, тем быстрее падает ее блеск. По скорости падения блеска новые звезды относят либо к «быстрым», либо к «медленным».

Самой мощной (и следовательно, самой быстрой) из известных новых звезд была Новая в созвездии Лебедя, вспыхнувшая в 1975 г. В момент наибольшей светимости она была одной из ярчайших звезд на небе, хотя на старых фотографиях на этом месте была обнаружена звезда лишь 21-й *звездной величины*. Это означает, что при вспышке блеск новой звезды возрос более чем в 10 млн. раз! Но она довольно быстро угасла. Уже через 20 дней ее блеск уменьшился на 5 звездных величин, т. е. в 100 раз.

Примером совершенно противоположного типа служит вспыхнувшая в 1967 г. Новая в созвездии Дельфина, которая была одной из самых «медленных» новых звезд. Ее блеск возрос при вспышке «всего» в 1000 раз и сохранялся почти неизменным в течение полугода.

Все новые звезды выбрасывают при вспышке газ, который разлетается с высокими скоростями. У разных новых эти скорости довольно сильно отличаются, да и у каждой новой также скорости разлетающегося газа не одинаковы на различных стадиях вспышки. Наибольшая

УРБЕН ЖАН ЖОЗЕФ ЛЕВЕРЬЕ (1811—1877)



Французский астроном Леверье родился в маленьком городке Сен-Ло в Нормандии в семье скромного служащего. В 1833 г. окончил Политехническую школу в Париже. В 1846 г. Леверье, избранный членом Парижской академии наук, возглавил кафедру небесной механики в Парижском университете, в 1854 г. стал директором Парижской обсерватории.

Работы Леверье посвящены решению проблем небесной механики. В 1839 г. он представил в Парижскую академию наук доклад «О вековых возмущениях планетных орбит», изучив вопрос об устойчивости Солнечной системы. В последующие годы он работал над теорией движения Меркурия, а в 1843—1845 гг. провел исследования некоторых короткопериодических комет.

В 1845 г. Леверье, по предложению директора Парижской обсерватории Араго, занялся изучением неправильностей в движении планеты Уран и показал, что их причина — находящаяся за пределами орбиты Урана неизвестная планета. В 1846 г. он вычислил положение на небе этой планеты, позже названной Нептуном. Немецкий астроном Галле обнаружил новую планету в месте, указанном Леверье.

Открытие Нептуна с помощью предвычислений Леверье — одно из крупнейших событий в области теоретической астрономии.

Занимаясь теорией движения планет, Леверье до конца жизни работал над вычислением таблиц, отличающихся большой точностью. Теория планет Леверье использовалась для составления астрономических эфемерид — таблиц положений тел Солнечной системы.

масса газа, выбрасываемого новыми звездами при вспышке, заключена в главной оболочке, которая отделяется при максимуме блеска звезды и улетает от звезды со скоростью от нескольких сотен до тысячи километров в секунду. Эта оболочка видна через десятки лет после вспышки вокруг некоторых новых звезд в виде туманности.

В спокойном состоянии новые звезды предстают перед астрономами весьма слабыми, их можно изучать только с помощью крупных телескопов. Свойства этих звезд оказались довольно необычными. Прежде всего, все новые — двойные звезды. При этом пара звезд всегда состоит из *белого карлика* и нормальной звезды, которая по массе и размерам обычно немного уступает Солнцу (но иногда заметно меньше его). Характерное свойство таких двойных систем — близость звезд друг к другу, поэтому в них возникает поток газа с поверхности нормальной звезды на поверхность белого карлика. Струя газа, перетекающего с поверхности нормальной звезды, закручивается вокруг белого карлика и лишь после многих оборотов попадает на его поверхность.

Ежегодно в *Галактике* обнаруживают в среднем две новые звезды. Однако, по подсчетам астрономов, в год вспыхивает около 40 новых звезд. Большинство новых нельзя наблюдать из-за большой удаленности и поглощения их света галактической пылью. Частота вспышек новых в Галактике настолько велика, что следует допустить многократное повторение вспышек у каждой новой.

Что известно о механизме вспышек новых звезд? После того как была установлена двойственность этих звезд, появилась гипотеза вспышек новых, которая получила в последнее время широкое распространение в астрономии. Суть ее в следующем. Вспышка новой звезды происходит в результате резкого ускорения термоядерных реакций горения водорода на поверхности белого карлика. Водород попадает на поверхность белого карлика вместе с газом, перетекающим с поверхности нормальной звезды. Вспышке предшествует период накопления термоядерного «горючего» на поверхности белого карлика, которое взрывается после того, как масса «горючего» достигает некоторой критической величины. Узнав о механизме вспышек новых звезд, нетрудно понять, почему вспышки могут повторяться. Интервал между вспышками, скорее всего, от 10 000 до 1 000 000 лет.

Ближайшие родственники новых звезд — карликовые новые звезды.

Вспышки карликовых новых в тысячи раз слабее вспышек новых звезд, но происходят они в десятки тысяч раз чаще. У типичной карликовой новой U Близнецов блеск возрастает за несколько дней примерно в 100 раз и вскоре падает до исходной величины. Такие вспышки повторяются в среднем через 3—4 месяца.

Удивительно то, что обычные новые звезды и карликовые новые в спокойном состоянии почти не отличаются друг от друга. Те и другие — короткопериодические двойные системы. При этом одна из звезд такой системы обязательно белый карлик, вокруг которого неизменно располагается газовый диск.

До сих пор не разрешена загадка, какие физические причины приводят к столь разной взрывной активности этих внешне очень похожих звезд.

ОБЪЕКТИВ

Объектив — одна из основных частей оптического прибора, служащая для сбора лучистой энергии и образования изображения наблюдаемого объекта.

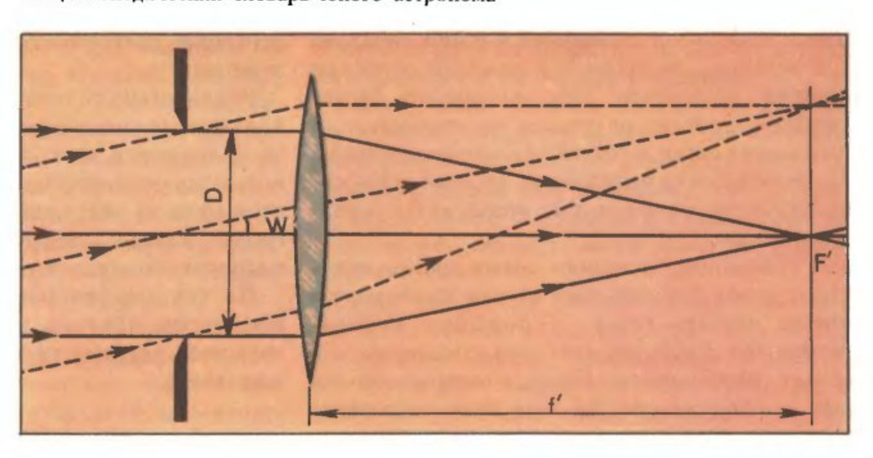
Изображение, даваемое объективом, может непосредственно рассматриваться через окуляр или проецироваться на какой-либо приемник излучения — фотопластинку, *электронно-оптический преобразователь* и др. Объектив представляет собой линзу или систему линз, зеркало или систему зеркал, обращенную к объективу. Он характеризуется фокусным расстоянием f', относительным отверстием и полем зрения $2W$ (см. рис.). Точка F', в которой объектив дает изображение светящегося объекта, находящегося в бесконечности (в частности, бесконечно удаленными можно считать звезды), называется задним фокусом объектива. Расстояние от объектива до фокуса — фокусное расстояние f'; применяя объективы с большим фокусным расстоянием, можно повысить увеличение оптической системы (см. *Телескопы*). На таком же расстоянии по другую сторону от объектива расположен передний фокус объектива F.

От каждой светящейся точки объекта в оптическую систему поступает ограниченный световой поток, величина которого зависит от входного отверстия объектива. Это определяет освещенность изображения, даваемого объективом. Кроме того, для протяженных объектов освещенность зависит также от увеличения. Таким образом, светосила объектива определяется его диаметром D и фокусным расстоянием f' и характеризуется относительным отверстием D/f'

Устройство объектива позволяет отображать только часть пространства, в котором расположены наблюдаемые объекты. Поле зрения объектива, равное $2W$, зависит, в частности, от фокусного расстояния: с увеличением фокусного расстояния поле зрения уменьшается.

Недостатки оптической системы объектива

Объектив дает изображение наблюдаемого объекта в фокальной плоскости.



приводят к различным искажениям изображения — аберрациям. Так, сферическая аберрация приводит к размытости краев или середины изображения и объясняется тем, что края линзы сильнее преломляют лучи, чем ее центральная часть. Хроматическая аберрация проявляется в окрашенности краев изображения, поскольку линза по-разному преломляет лучи разного цвета — сильнее фиолетовые, слабее красные. Вследствие комы изображение точечного объекта (звезды) получается в виде кометы с хвостом. Дисторсия искривляет изображение прямой линии. В результате астигматизма изображение звезды растягивается.

Для устранения аберраций создают специальные объективы. Так, в ахроматических двухлинзовых объективах одна линза — положительная (собирающая), вторая — отрицательная (рассеивающая). Положительная линза обычно выполнена из кронового, «легкого» стекла, с меньшим показателем преломления, а отрицательная — из флинтового, более «тяжелого», с большим показателем преломления. По-разному преломляя лучи света, линзы такого объектива уменьшают аберрации. Однако объективы такого типа при хорошем качестве изображения имеют меньшее относительное отверстие и поле зрения. Обычно относительное отверстие такого объектива $D/f^1 = 1:12$, поле зрения от 8 до 12°.

В зависимости от величины относительного отверстия объективы разделяются на ультрасветосильные (1:1,1 и более); светосильные (от 1:1,1 до 1:3,5); нормальные (от 1:3,5 до 1:6,3) и малосветосильные (менее 1:6,3). По величине угла поля зрения объективы делятся на узкоугольные ($2W=2°\div40°$), нормальные ($2W=40°\div65°$), широкоугольные ($2W=65°\div104°$), сверхширокоугольные ($2W\geqslant104°$).

Качество изображения, даваемого объективом, определяется разрешающей способностью объектива и оценивается в линиях на миллиметр.

Линзовые системы объективов имеют ряд достоинств. Они обеспечивают возможность хорошей аберрационной коррекции, большое поле зрения, технологическую простоту конструкции. Но поглощение света в стекле, хроматические аберрации, большие продольные габариты ограничивают их применение для сооружения больших телескопов (см. *Рефракторы*).

Поэтому в астрономии часто применяют зеркальные системы объективов, в которых отсутствуют хроматические аберрации (см. *Рефлекторы*). Параболическое зеркало, используемое в качестве объектива, строит изображение без коррекции.

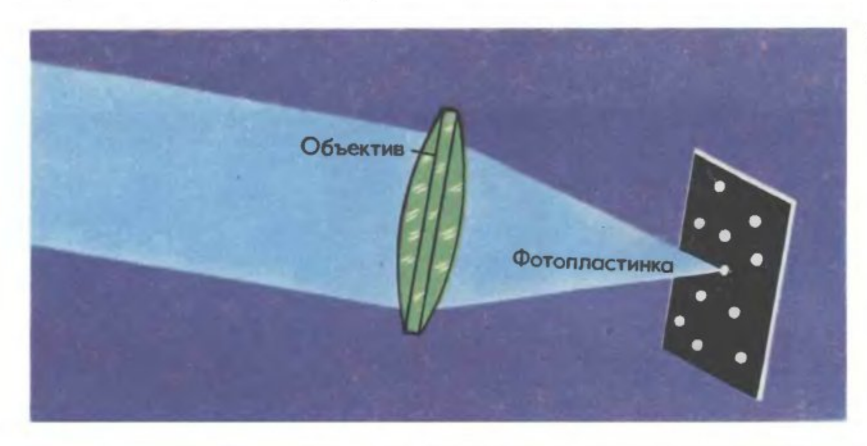
Широкое распространение в астрономии получили зеркально-линзовые системы (см. *Зеркально-линзовый телескоп*) объективов, объединяющие достоинства линзовых и зеркальных систем. Они позволяют сооружать светосильные телескопы с большими относительными отверстиями при значительных углах поля зрения.

ОБЪЕКТИВНАЯ ПРИЗМА

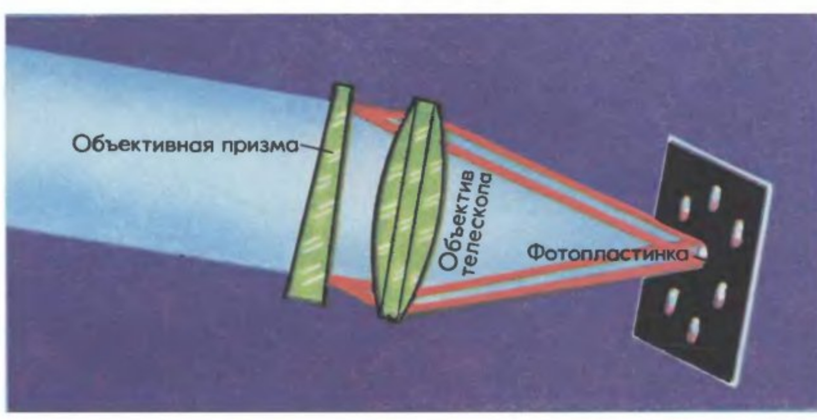
Объективная призма устанавливается перед объективом *телескопа* для наблюдений спектров звезд.

Выбор того или иного спектрального прибора при изучении спектров небесных тел зависит от задачи, стоящей перед астрономом. В некоторых случаях требуется получать спектр для изучения узких линий поглощения, и тогда применяют большие *астроспектрографы*, дающие возможность различить и измерить такие линии. Иногда, наоборот, не требуется высокая точность спектральных исследований, зато необходимо исследовать большое количество спектров звезд. Например, с такой задачей сталкиваются при построении диаграммы Герцшпрунга — Ресселла (см. *«Спектр — светимость» диаграмма*). В этих случаях очень удобна объективная призма, которая дает возможность получать за время одной экспозиции спектры большого числа звезд (около ста и более) на одной фотопластинке.

Объективная призма выполняет ту же роль, что и простая призма в астроспектрографе: она



Без объективной призмы астрофотографии звезды выглядят точками.



Объективная призма растягивает изображение звезд в спектры.

разделяет свет звезды на цветные лучи. Однако устанавливается она не сзади, а впереди *объектива* телескопа. Размеры призмы должны быть большими, близкими к размеру объектива. Кроме того, угол преломления объективной призмы довольно мал — около 5°. Это нужно для того, чтобы в фокусе телескопа спектры не получались слишком длинными.

Как работает объективная призма вместе с телескопом, можно понять из рисунка. Если без объективной призмы в фокусе телескопа образуются изображения звезд, попавших в поле зрения, то с объективной призмой все эти звезды растягиваются в цепочки цветных изображений, которые и являются их спектрами.

ОКУЛЯР

Окуляр — одна из основных частей визуального *телескопа,* служащая для рассматривания изображения, образуемого *объективом.*

Для того чтобы глаз наблюдателя мог без напряжения рассматривать изображение объекта, необходимо, чтобы из оптической системы выходил параллельный пучок лучей. Это обеспечивает система линз окуляра. Окуляр обычно состоит не менее чем из двух линз. Передняя линза окуляра называется линзой поля; задняя, расположенная со стороны глаза, — глазной.

Основные оптические характеристики окуляра — поле зрения и положение его переднего F и заднего F' фокусов. Поле зрения окуляра $2W'$ определяет поле зрения $2W$ всей оптической системы:

$$2W = \frac{2W^1}{\Gamma},$$

где Γ — увеличение системы. Таким образом, чем больше увеличение телескопа, тем меньше (при аналогичных окулярах) его поле зрения. Удаление выходного зрачка окуляра, с которым совмещается глаз наблюдателя, определяется положением заднего фокуса F'. Выходной зрачок расположен вблизи заднего фокуса окуляра, и тем ближе, чем больше увеличение телескопа. В передней фокальной плоскости окуляра телескопов, предназначенных для угловых измерений, обычно помещается сетка с делениями (см. *Микрометр*).

Первый окуляр, примененный в 1609 г. *Г. Галилеем,* был простой отрицательной (рассеивающей) линзой. Окуляры Галилея используются редко, главным образом в театральных биноклях. В середине XVII в. нидерландский ученый X. Гюйгенс, а в конце XVIII в. английский ученый Д. Ж. Рамсден сконструировали положительные окуляры, применяемые до сих пор.

Изображенный на рис. 1 окуляр Рамсдена

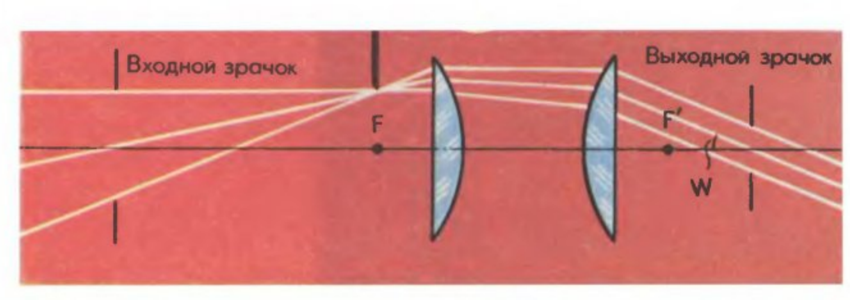


Рис. 1. Окуляр Рамсдена состоит из двух плоско-выпуклых линз.

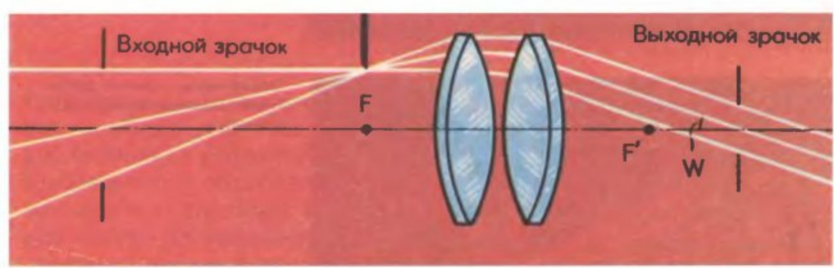


Рис. 2. Симметричный окуляр состоит из двух пар склеенных линз.

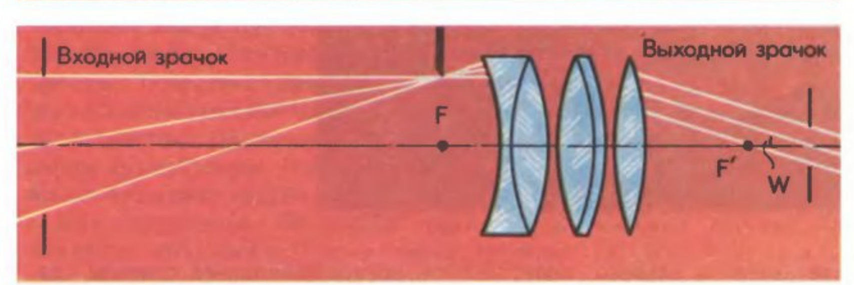


Рис. 3. Окуляр с удаленным зрачком состоит из пяти линз.

состоит из двух плоско-выпуклых линз, обычно одинаковых и расположенных на некотором расстоянии друг от друга. Поле зрения этого окуляра $2W'=30°\div40°$. В астрономических телескопах, построенных по системе *И. Кеплера,* применяется симметричный окуляр (рис. 2), представляющий собой две пары склеенных линз. Поле зрения $2W'=40°$. Окуляр с удаленным зрачком (рис. 3) представляет собой длиннофокусную систему из пяти линз и применяется в тех случаях, когда необходимо удалить выходной зрачок на 22—25 мм от окуляра. Поле зрения $2W'=50°$.

Тип окуляра в телескопической системе выбирают в соответствии с заданным полем зрения и необходимым удалением выходного зрачка.

ОРБИТАЛЬНЫЕ СТАНЦИИ

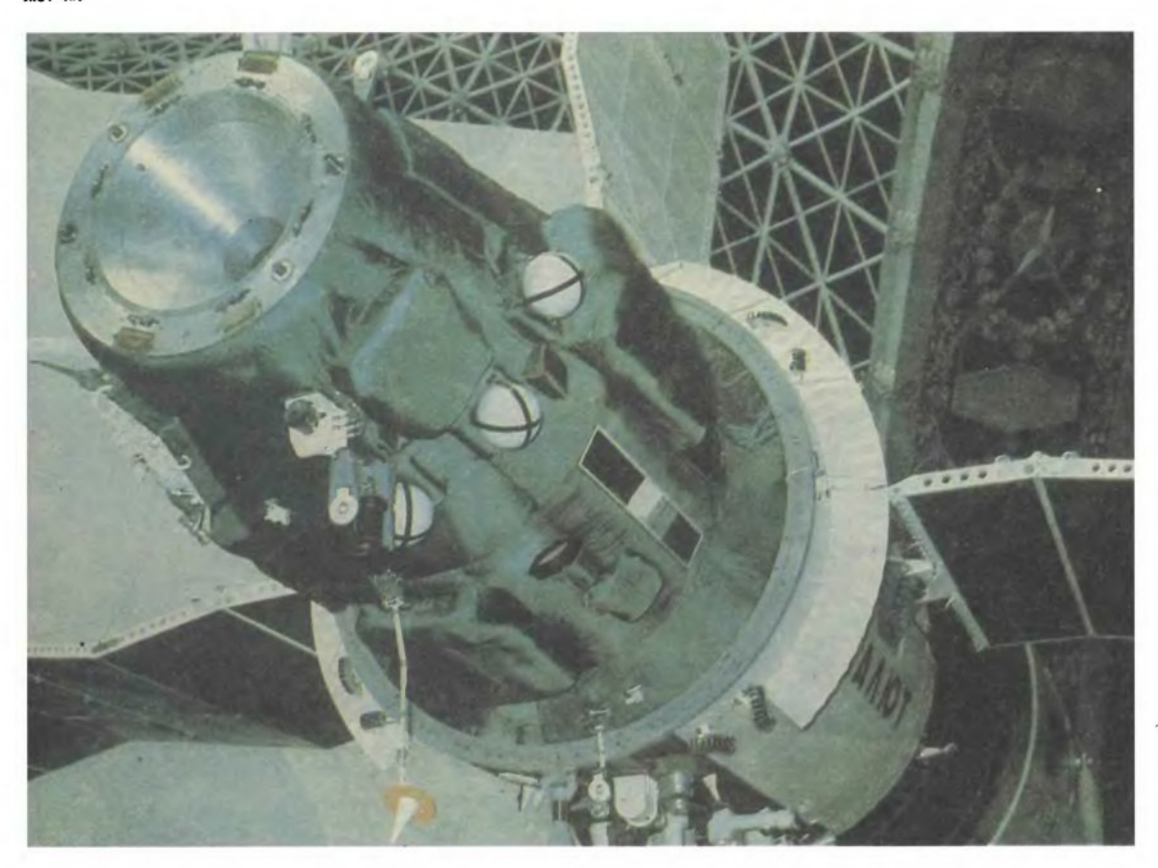
Орбитальные станции (ОС) — большие *искусственные спутники,* длительное время функционирующие на околоземных, окололунных или околопланетных орбитах. Орбитальные станции могут быть пилотируемыми или автоматическими. Пилотируемые ОС между сменами экипажей *космонавтов* работают в автоматическом режиме.

В отличие от автоматических искусственных спутников и пилотируемых *космических кораблей* орбитальные станции предназначены для выполнения длительных комплексных программ научно-технических и прикладных исследований околоземного пространства, *Земли,* небесных тел, а также исследований в области биологии и медицины, материаловедения, метеорологии и других областях науки и испытаний новых космических систем и оборудования.

Масса и габариты ОС, длительность ее функционирования и численность экипажа определяются способом сборки ОС и возможностями ее снабжения расходуемыми материалами (топливо, пища, вода, кислород и др.).

Возможны два способа создания ОС. При первом способе станция полностью собирается на Земле и выводится на орбиту одной ракетой-носителем. В этом случае масса и габариты ОС ограничены возможностями ракеты-носителя, в связи с чем способ пригоден для сборки ОС массой, не превышающей 100—150 т. При втором способе сборка осуществляется непосредственно на орбите из самостоятельных блоков, секций, элементов или космических кораблей, которые выводятся несколькими ракетами-носителями. Этот способ позволяет

Орбитальная станция «Салют-4».



в принципе создавать ОС любой массы, объема, размеров. Впервые орбитальная станция такого типа была создана в 1969 г. путем состыковки двух советских космических кораблей «Союз-4» и «Союз-5».

Создание пилотируемых ОС длительного функционирования требует решения сложных научно-технических и медико-биологических проблем. Одна из наиболее важных — встреча на орбите и стыковка космических аппаратов. Первая ручная стыковка осуществлена 16 марта 1966 г. экипажем американского космического корабля «Джемини-8» с ракетой «Аджена». Впервые автоматическая встреча и стыковка на орбите осуществлена 30 октября 1967 г. советскими спутниками «Космос-186» и «Космос-188». Решение этой и ряда других принципиальных проблем позволило СССР и в некоторой мере США создать долговременные пилотируемые ОС со сменяемыми экипажами.

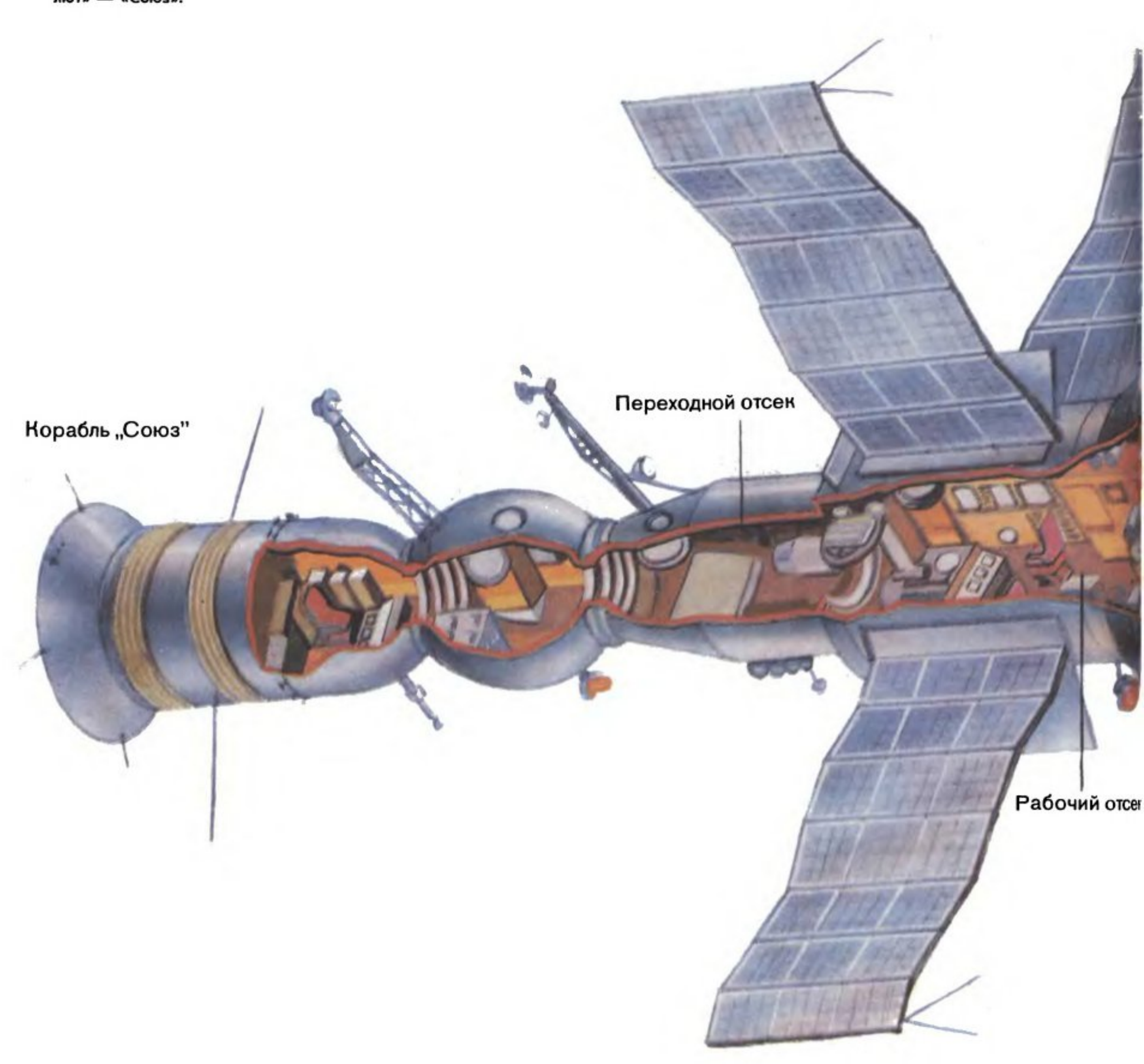
Всего до 1 января 1986 г. было запущено 8 ОС: семь советских типа «Салют» и американская «Скайлэб». На станциях «Салют» работало 32 экипажа (48 космонавтов), на станции «Скайлэб» — 3 экипажа (9 космонавтов).

Орбитальная станция «Салют» была запущена 19 апреля 1971 г. В начале июня на станцию был доставлен первый в истории космонавтики экипаж в составе космонавтов Г. Т. Добровольского, В. Н. Волкова и В. И. Пацаева. Они выполняли в течение 23 сут обширную программу исследований и экспериментов: астрофизических наблюдений, испытаний в различных режимах работы бортовых систем, наблюдений и фотографирования земной поверхности, атмосферных образований, метеорологических явлений, разносторонних медико-биологических исследований. При возвращении на Землю из-за разгерметизации спускаемого аппарата космонавты погибли.

На последующих станциях «Салют» были проведены длительные экспедиции. Так, космонавты П. И. Климук и В. И. Севастьянов работали на станции «Салют-4» свыше двух месяцев.

Наиболее совершенные из ОС этого типа — «Салют-6», запущенная 29 сентября 1977 г. и функционировавшая на орбите 4 года 10 месяцев (до 29 июня 1982 г.), и «Салют-7», запущенная 19 апреля 1982 г. В отличие от предыдущих ОС у этих станций два стыковочных узла, что позволяет причаливать к станциям двум космическим кораблям одновременно. На базе станции «Салют-6» были впервые созданы орбитальные научно-исследовательские комплексы, включавшие также транспортные космические корабли «Союз» и грузовые автоматические корабли «Прогресс». С помощью ко-

Орбитальный комплекс «Салют» — «Союз».

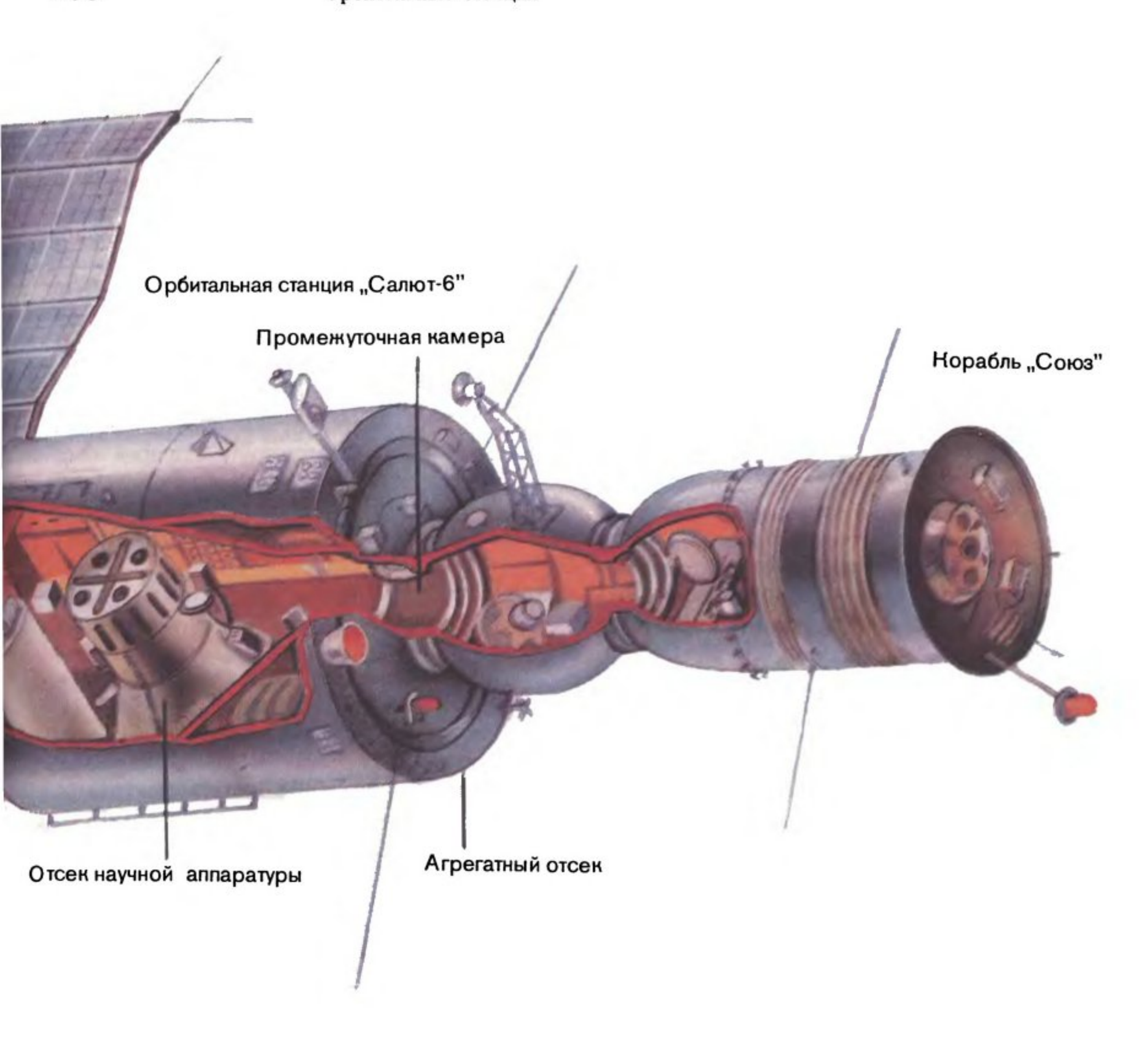


раблей «Прогресс» была решена проблема доставки на станцию топлива для двигательных установок, расходуемых материалов для обеспечения жизнедеятельности экипажа, оборудования для замены исчерпавшего свой ресурс, а также новой научной аппаратуры.

Грузовой корабль «Прогресс» был создан на базе космического корабля «Союз». Он выводится на орбиту с помощью той же ракеты-носителя, что и «Союз». При общей массе 7000 кг «Прогресс» способен доставить на околоземную орбиту 2300 кг грузов, в том числе 1000 кг топлива.

Общая масса научно-исследовательского комплекса (станция «Салют-6» плюс два транспортных корабля) — 32,5 т, масса самой станции — 18,9 т, общая длина орбитального комплекса — 29 м (станции — 15 м), максимальный диаметр станции — 4,15 м, размах с развернутыми панелями солнечных батарей — 17 м. В станции «Салют-6» — пять отсеков.

В рабочем отсеке размещается основное оборудование станции. Из этого отсека экипаж управляет станцией, проводит большинство исследований, здесь космонавты отдыхают, спят, принимают пищу. На переходном отсеке установлен один из двух стыковочных узлов станции. Второй стыковочный узел расположен на промежуточной камере. В переходном отсеке космонавты ведут наблюдения через 7 окон-иллюминаторов. Этот отсек используется также в качестве шлюзового: через него космонавты выходят в открытый космос. В негерметичном агрегатном отсеке размещается двигательная установка станции и другое оборудование, а в отсеке научной аппаратуры — крупные



приборы, например субмиллиметровый телескоп.

В 1977—1981 гг. на станции «Салют-6» работали и успешно выполнили программы научных исследований и экспериментов пять основных длительных экспедиций продолжительностью 96 сут (космонавты Ю. В. Романенко и Г. М. Гречко), 140 сут (В. В. Коваленок и А. С. Иванченко), 175 сут (В. А. Ляхов и В. В. Рюмин), 185 сут (Л. И. Попов и В. В. Рюмин) и 75 сут (В. В. Коваленок и В. П. Савиных) и одиннадцать краткосрочных, в том числе восемь международных по программе «Интеркосмос», в состав которых входили космонавты из братских социалистических стран — ЧССР (В. Ремек), ПНР (М. Гермашевский), ГДР (З. Йен), ВНР (Б. Фаркаш), СРВ (Фам Туан), Республики Куба (А. Тамайо Мендес), МНР (Ж. Гуррагча) и СРР (Д. Прунариу).

Общее время функционирования станции «Салют-6» в пилотируемом режиме составило 676 сут, со станцией осуществлено 35 стыковок пилотируемых и автоматических аппаратов. Совместно в полетах со станцией были проведены испытания усовершенствованного транспортного космического корабля «Союз Т».

Космонавты провели интересные исследования, выполнили много важных для науки и народного хозяйства экспериментов. В своих наблюдениях они использовали субмиллиметровый телескоп БСТ, массой 650 кг с диаметром главного зеркала 1,5 м, гамма-телескоп «Елена», радиотелескоп КРТ-10, фотоаппаратуру МКФ-6М, изготовленную в ГДР и позволяющую делать снимки земной поверхности в 6 зо-

нах спектра. С помощью электронагревательных установок «Сплав» и «Кристалл» экипажи выполнили цикл технологических экспериментов. Большое значение для дальнейшего развития пилотируемых полетов в космосе имели медико-биологические исследования.

Фотографирование и визуальные наблюдения, которые ведут космонавты с орбитальных станций, имеют огромное значение для изучения Земли и ее природных ресурсов. Эти исследования уже сейчас приносят весомый экономический эффект.

Они открывают необычайно широкие возможности для дальнейшего развития сельского и лесного хозяйства, гидрологии, океанографии, геологии, метеорологии и других областей народного хозяйства, позволяют улучшить контроль за состоянием природной среды. Все это имеет большое значение в наше время. Приведем примеры того, как результаты исследований, проводимых космонавтами, используются на практике.

Космонавты В. А. Ляхов и В. В. Рюмин в ходе наблюдений с орбитальной станции «Салют-6» обнаружили в Тихом океане вблизи Курильских островов полосу планктона протяженностью до 1000 км. А где планктон, там и скопления рыбы. Данные были переданы тем, кто вел поиск и лов в океане различных видов промысловых рыб. Предыдущий экипаж орбитальной станции — космонавты В. В. Коваленок и А. С. Иванченков — внес большой вклад в разработку методов определения рыбных запасов по результатам визуальных наблюдений с околоземной орбиты. Проверка их сообщений подтвердила, в частности, мнение ученых о перспективности для промысла рыбы районов, расположенных вдали от берегов. Работу в этом направлении продолжили космонавты В. А. Ляхов и В. В. Рюмин.

Второй пример — космическое материаловедение, которое в будущем позволит создать совершенно новые материалы и коренным образом преобразовать технологию изготовления традиционных. На орбитальной станции «Салют-6» космонавты проводили экспериментальную пайку металлов, изучали поведение расплавленных материалов в состоянии невесомости и их затвердение, изучали возможности получения новых материалов, синтез сложных систем, неосуществимый в земных лабораториях, а также исследовали процессы плавления металлов и рост кристаллов полупроводников. Космонавты выполнили интересные технологические эксперименты на установках «Сплав» и «Кристалл».

Результаты этих опытов уже в ближайшем будущем могут найти применение в новейших отраслях науки и техники — микроэлектронике, инфракрасной технике и др. И таких примеров можно было бы привести еще немало.

19 апреля 1982 г. на околоземную орбиту была запущена ОС «Салют-7». Она является усовершенствованным вариантом орбитальных научных станций второго поколения и обладает улучшенными эксплуатационными характеристиками. Как и у ОС «Салют-6», у нее два стыковочных узла, что позволяет ей принимать помимо транспортных космических кораблей с экипажами автоматические грузовые корабли «Прогресс» для материально-технического снабжения ОС всем необходимым. При тех же размерах и конфигурации, что у предыдущей ОС, многие системы «Салюта-7» подвергнуты существенной модернизации. Так, например, два иллюминатора станции теперь прозрачны для ультрафиолетовых лучей, что расширяет исследовательские возможности станции. Она стала более комфортабельной, более удобной для жизни и работы космонавтов, расширились состав и возможности ее научной аппаратуры.

До 1 января 1985 г. на ОС «Салют-7» работали основные длительные экспедиции продолжительностью 211 сут (космонавты А. Н. Березовой и В. В. Лебедев), 150 сут (В. А. Ляхов и А. П. Александров) и 237 сут (Л. Д. Кизим, В. А. Соловьев и О. Ю. Атьков) и четыре краткосрочные, в том числе две международные, в состав которых входили космонавты — граждане Франции (Ж. Л. Кретьен) и Индии (Р. Шарма).

Космонавты — члены длительных и краткосрочных экспедиций — выполнили на орбите огромную научную работу, которая включала исследования и эксперименты в области космической биологии и медицины, астрофизики, космического материаловедения, в том числе в области биотехнологии, изучение природных ресурсов Земли. Космонавты неоднократно выходили в открытый космос для выполнения сложных монтажно-сборочных работ вне помещения ОС. Так, космонавты Л. Д. Кизим и В. А. Соловьев в течение одной экспедиции совершили шесть выходов в открытое космическое пространство продолжительностью 22 ч 50 мин, т. е. почти сутки проработав вне ОС. Космонавт С. Е. Савицкая стала первой в мире женщиной, совершившей выход в открытый космос.

В 1985 г. на ОС «Салют-7» работали космонавты — члены четвертой длительной экспедиции. При этом впервые в практике пилотируемых космических полетов произошла частичная смена экипажа. 6 июня на КК «Союз-13» стартовали космонавты В. А. Джанибеков и В. П. Савиных. Им в трудных условиях, когда связь со станцией была нарушена и она находилась в законсервированном состоянии, удалось осуществить стыковку с некооперируемой станцией и восстановить ее работоспособность. В дальнейшем космонавты выполнили большую научно-исследовательскую работу.

17 сентября 1985 г. на КК «Союз-14» на станцию прибыл экипаж в составе: В. В. Васютин, Г. М. Гречко и А. А. Волков. В течение семи дней пять космонавтов на ОС выполнили запланированную программу научно-технических исследований и экспериментов. Затем космонавты В. А. Джанибеков и Г. М. Гречко вернулись на Землю, а работу на станции продолжили В. В. Васютин, В. П. Савиных, А. А. Волков.

Во время четвертой длительной экспедиции на «Салюте-7» космонавты осуществили выход в открытый космос, выполнили ряд исследований по космической биологии и медицине, астрофизике, космическому материаловедению, геофизике. 21 ноября 1985 г. в связи с болезнью космонавта В. В. Васютина экспедиция была прекращена и космонавты возвратились на Землю.

Создание орбитальных научно-исследовательских комплексов — выдающееся достижение советской космической науки и техники, открывшее новые пути развития космических исследований.

Американская ОС «Скайлэб» была запущена 14 мая 1973 г. На ней работали 3 экипажа космонавтов, которые доставлялись на станцию на КК «Аполлон» (Ч. Конрад, Дж. Кервин, П. Вейц с 25 мая по 22 июня 1973 г.; А. Бин, О. Гэрриот, Дж. Лусма с 28 июля по 26 сентября 1973 г.; Дж. Карр, У. Поуг, Э. Гибсон с 16 ноября 1973 г. по 8 февраля 1974 г.). Масса ОС «Скайлэб» — около 85 т. Основные задачи работы космонавтов на станции: медико-биологические исследования, наблюдения Солнца, изучение природных ресурсов Земли, технологические эксперименты.

Советские ученые и специалисты считают орбитальные станции магистральным путем проникновения человека в космос. С их помощью могут быть решены наиболее крупные и принципиальные задачи дальнейшего изучения и освоения космического пространства. ОС могут служить базами для сборки на орбите массивных пилотируемых космических кораблей, предназначенных для полета к другим планетам Солнечной системы, а также причалами для возвращающихся из дальнего рейса космических кораблей. Существуют проекты создания на околоземных орбитах автоматических ОС — коллекторов солнечной энергии, которая затем в виде микроволнового луча передается на Землю. Технологические эксперименты, которые космонавты проводят на современных ОС, могут в дальнейшем привести к созданию крупных орбитальных заводов для производства в космосе разнообразных материалов. А если заглянуть в далекое будущее, увидим воплощенной мечту гениального русского ученого К. Э. Циолковского об «эфирных» поселениях в космосе, где будут жить и работать десятки и сотни тысяч землян.

ОРБИТЫ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ

Орбиты небесных тел — траектории, по которым движутся в космическом пространстве *Солнце, звезды, планеты, кометы,* а также искусственные космические аппараты (*искусственные спутники* Земли, Луны и других планет, межпланетные станции и т. п.). Однако для искусственных космических аппаратов термин «орбита» применяют лишь к тем участкам их траекторий, на которых они движутся с выключенной двигательной установкой (так называемые пассивные участки траектории).

Формы орбит и скорости, с которыми движутся по ним небесные тела, определяются главным образом силой всемирного тяготения. При исследовании движения небесных тел в большинстве случаев допустимо не принимать во внимание их форму и строение, т. е. считать их материальными точками. Такое упрощение возможно потому, что расстояние между телами обычно во много раз больше их размеров. Считая небесные тела материальными точками, мы можем при исследовании их движения непосредственно применять закон всемирного тяготения (см. *Гравитация*). Кроме того, во многих случаях можно ограничиться рассмотрением движения только двух притягивающихся тел, пренебрегая влиянием других (см. *Небесная механика*). Так, например, при изучении движения планеты вокруг Солнца можно с известной точностью предполагать, что планета движется только под действием сил солнечного тяготения. Точно так же при приближенном изучении движения искусственного спутника планеты можно принять во внимание лишь тяготение «своей» планеты, пренебрегая не только притяжением других планет, но и солнечным.

Указанные упрощения приводят к так называемой задаче двух тел. Одно из решений этой задачи было дано *И. Кеплером,* полное решение задачи было получено *И. Ньютоном.* Ньютон доказал, что одна из притягивающихся материальных точек обращается вокруг другой по орбите, имеющей форму эллипса (или окружности, которая является частным случаем эллипса), параболы или гиперболы. В фокусе этой кривой находится вторая точка.

Форма орбиты зависит от масс рассматриваемых тел, от расстояния между ними и от скорости, с которой одно тело движется относительно другого. Если тело массой m_1 (кг) находится на расстоянии r (м) от тела массой m_0 (кг) и движется в этот момент времени со скоростью v (м/с), то вид орбиты определяется величиной

$$h=v^2-2f(m_0+m_1)\ /\ r.$$

Постоянная тяготения $f=6{,}673\cdot10^{-11}$ м^3 кг$^{-1}$с$^{-2}$. Если $h<0$, то тело m_1 движется относительно тела m_0 по эллиптической орбите;

если $h=0$ — по параболической орбите; если $h>0$ — по гиперболической орбите.

Наименьшая начальная скорость, которую нужно сообщить телу, чтобы оно, начав движение вблизи поверхности Земли, преодолело земное притяжение и навсегда покинуло Землю по параболической орбите, называется второй космической скоростью. Она равна 11,2 км/с. Наименьшая начальная скорость, которую нужно сообщить телу, чтобы оно стало искусственным спутником Земли, называется первой космической скоростью. Она равна 7,91 км/с (см. *Космические скорости*).

По эллиптическим орбитам движется большинство тел Солнечной системы. Только некоторые малые тела Солнечной системы — кометы, возможно, движутся по параболическим или гиперболическим орбитам. В задачах космического полета наиболее часто встречаются эллиптические и гиперболические орбиты. Так, межпланетные станции отправляются в полет, имея гиперболическую орбиту относительно Земли; затем они движутся по эллиптическим орбитам относительно Солнца по направлению к планете назначения.

Ориентация орбиты в пространстве, ее размеры и форма, а также положение небесного тела на орбите определяются шестью величинами, называемыми *элементами орбиты*. Некоторые характерные точки орбит небесных светил имеют собственные названия. Так, ближайшая к Солнцу точка орбиты небесного тела, движущегося вокруг Солнца, называется перигелием, а наиболее удаленная от него точка эллиптической орбиты — афелием. Если рассматривается движение тела относительно Земли, то ближайшая к Земле точка орбиты называется перигеем, а самая далекая — апогеем. В более общих задачах, когда под притягивающим центром можно подразумевать разные небесные тела, употребляют названия: перицентр (ближайшая к центру точка орбиты) и апоцентр (наиболее удаленная от центра точка орбиты).

Случай взаимодействия только двух небесных тел является простейшим и почти не наблюдается (хотя и имеется много случаев, когда притяжением третьего, четвертого и т. д. тел можно пренебречь). В действительности все обстоит намного сложнее: на каждое тело действуют многие силы. Планеты в своем движении притягиваются не только к Солнцу, но и друг к другу. В звездных скоплениях каждая звезда притягивается всеми остальными. На движение искусственных спутников Земли оказывают влияние силы, вызываемые несферичностью фигуры Земли и сопротивлением земной атмосферы, притяжение Луны и Солнца. Эти дополнительные силы называют возмущающими, а эффекты, которые они вызывают в движении небесных тел, — возмущениями. Из-за возмущений орбиты небесных тел непрерывно медленно изменяются.

Исследованием движения небесных тел с учетом возмущающих сил занимается раздел астрономии — небесная механика. Методы, разработанные в небесной механике, позволяют очень точно на много лет вперед определить положение любых тел Солнечной системы. Более сложные методы вычислений используются при исследовании движения искусственных небесных тел. Точное решение этих задач в аналитическом виде (т. е. в виде формул) получить крайне сложно. Поэтому используются методы численного решения уравнений движения с применением быстродействующих электронных вычислительных машин. При таких вычислениях пользуются понятием сферы действия планеты.

Сферой действия называют область околопланетного (или окололунного) пространства, в которой при расчетах возмущенного движения тела (межпланетного космического корабля, спутника планеты, кометы) удобно в качестве центрального тела считать не Солнце, а эту планету (или Луну). В этом случае расчеты упрощаются вследствие того, что внутри сферы действия возмущающее влияние притяжения Солнца в сравнении с притяжением планеты меньше, чем возмущение от планеты в сравнении с притяжением Солнца. Но нужно помнить, что и внутри сферы действия и за ее пределами — всюду на тело действуют силы притяжения и Солнца, и планеты, и других тел, хотя и в разной степени.

Радиус сферы действия зависит от расстояния между Солнцем и планетой. Орбиты небесных тел внутри сферы действия можно рассчитывать на основе задачи двух тел. Если небесное тело покидает планету, то движение этого тела внутри сферы действия происходит по гиперболической орбите. Радиус сферы действия Земли равен около 1 млн. км; сфера действия Луны по отношению к Земле имеет радиус около 63 тыс. км.

Метод определения орбиты небесного тела с использованием понятия сферы действия — один из способов приближенного определения орбит. Зная приближенные величины элементов орбиты, можно с помощью других методов получить более точные значения элементов орбиты. Такое поэтапное улучшение определяемой орбиты является типичным приемом, позволяющим вычислить параметры орбиты с высокой точностью. В настоящее время круг задач по определению орбит значительно расширился, что объясняется бурным развитием ракетной и космической техники.

П

ПАРАЛЛАКС

Вы едете в поезде и смотрите в окно... Мелькают столбы, стоящие вдоль рельсов. Медленнее убегают назад постройки, расположенные в нескольких десятках метров от железнодорожного полотна. И уже совсем медленно, нехотя отстают от поезда домики, рощи, которые вы видите вдали, где-то у горизонта...

Почему это так происходит? На этот вопрос дает ответ рис. 1. В то время как направление на телеграфный столб при перемещении наблюдателя из первого положения во второе изменяется на большой угол p_1, направление на удаленное дерево изменится на значительно меньший угол p_2. Скорость изменения направления на предмет при движении наблюдателя тем меньше, чем дальше от наблюдателя находится предмет. А из этого следует, что величиной углового смещения предмета, которое называют параллактическим смещением или просто параллаксом, можно характеризовать расстояние до предмета, что широко используется в астрономии.

Разумеется, обнаружить параллактическое смещение звезды, двигаясь по земной поверхности, нельзя: звезды слишком далеки, и параллаксы при таких перемещениях находятся далеко за пределами возможности их измерения. Но если попытаться измерить параллактические смещения звезд при перемещении Земли из одной точки орбиты в противоположную (т. е. повторить наблюдения с интервалом в полгода, рис. 2), то вполне можно рассчитывать на успех. Во всяком случае таким путем измерены параллаксы нескольких тысяч ближайших к нам звезд.

Параллактические смещения, измеренные с использованием годичного движения Земли по орбите, называют годичными параллаксами. Годичный параллакс звезды — это угол (π), на который изменится направление на звезду, если воображаемый наблюдатель переместится из центра *Солнечной системы* на земную орбиту (точнее — на среднее расстояние Земли от Солнца) в направлении, перпендикулярном направлению на звезду. Легко понять из рис. 2, что годичный параллакс можно определить и как угол, под которым со звезды видна большая полуось земной орбиты, расположенная перпендикулярно лучу зрения.

С годичным параллаксом связана и основная единица длины, принятая в астрономии для измерения расстояний между звездами и галактиками, — парсек (см. *Единицы расстояний*). Параллаксы некоторых ближайших звезд приведены в таблице.

Звезда	Параллакс	Расстояние, пс
Проксима Центавра	0,762″	1,31
α Центавра	0,751″	1,33
Сириус	0,375″	2,66
Процион	0,288″	3,48

Для более близких небесных тел — *Солнца, Луны, планет, комет* и других тел Солнечной системы — параллактическое смещение можно обнаружить и при перемещении наблюдателя в пространстве вследствие суточного вращения Земли (рис. 3). В этом случае параллакс вычисляют для воображаемого наблюдателя, перемещаемого из центра Земли в точку экватора, в которой светило находится на горизонте. Для определения расстояния до светила вычисляют угол, под которым виден со светила экваториальный радиус Земли, перпендикулярный лучу зрения. Такой параллакс называют суточным горизонтальным экваториальным параллаксом или просто суточным параллаксом. Суточный параллакс Солнца на среднем расстоянии от Земли равен 8,794″; средний суточный параллакс Луны равен 3422,6″, или 57,04′.

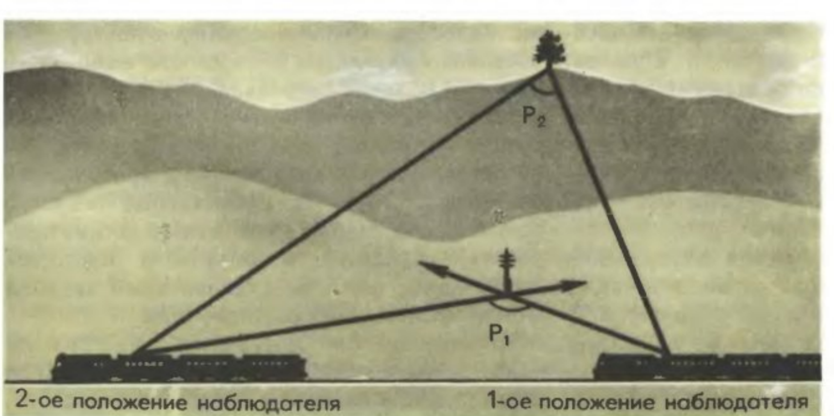
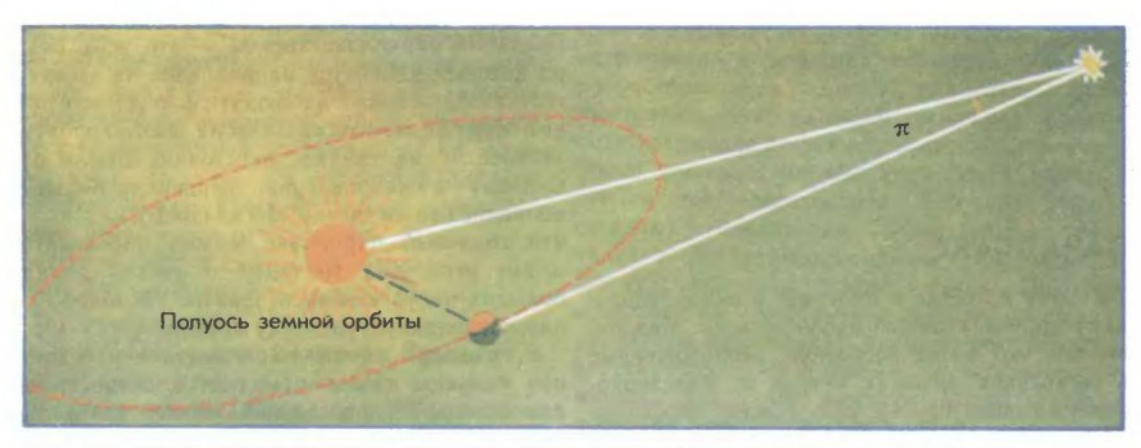
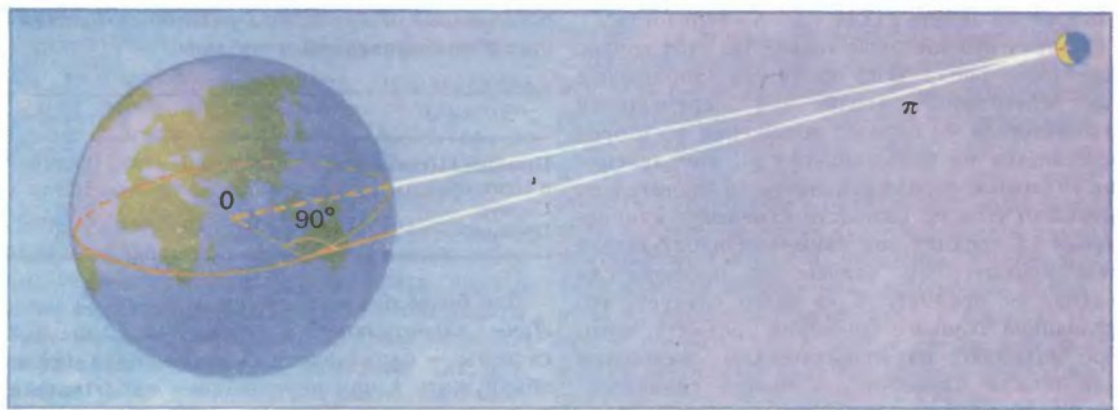


Рис. 1. Для пассажира направление на телеграфный столб изменяется быстрее, чем на дерево, стоящее вдали.

Рис. 2. Годичный параллакс.

Внизу:
рис. 3. Суточный параллакс.





Как уже говорилось, годичные параллаксы непосредственным измерением параллактического смещения (так называемые тригонометрические параллаксы) можно определить только у ближайших звезд, расположенных не далее нескольких сотен парсек.

Однако изучение звезд, для которых тригонометрические параллаксы были измерены, позволило обнаружить статистическую зависимость между видом спектра звезды (ее спектральным классом) и абсолютной звездной величиной (см. *«Спектр — светимость» диаграмма*). Распространив эту зависимость также и на звезды, для которых тригонометрический параллакс неизвестен, получили возможность по виду спектра оценивать абсолютные звездные величины звезд, а затем, сравнивая их с видимыми звездными величинами, астрономы стали оценивать и расстояния до звезд (параллаксы). Параллаксы, определенные таким методом, называются спектральными параллаксами (см. *Спектральная классификация звезд*).

Существует еще один метод определения расстояний (и параллаксов) до звезд, а также звездных скоплений и галактик — по переменным звездам типа цефеид (этот метод описан в статье *Цефеиды*); такие параллаксы иногда называют цефеидными параллаксами.

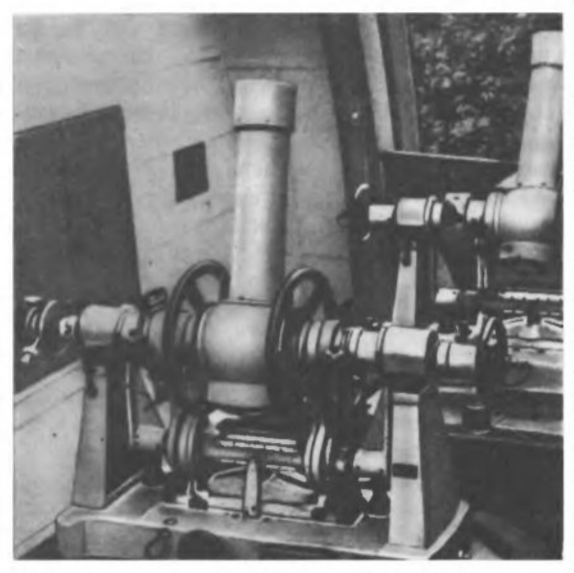
ПАССАЖНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Пассажный инструмент — один из основных астрометрических инструментов. С его помощью наблюдатель регистрирует моменты прохождения различных светил через один и тот же вертикал (см. *Небесная сфера*). Пассажный инструмент изобретен датским ученым О. Рёмером в 1689 г.

Зрительная труба пассажного инструмента вращается вокруг горизонтальной оси. Массивная станина обеспечивает неизменность положения оси, и труба пассажного инструмента постоянно находится в плоскости выбранного для наблюдений вертикала. У пассажного инструмента нет кругов с делениями для точных измерений углов. В поле зрения трубы регистрируются только моменты прохождений светил, например, через нанесенные на стекло тонкие риски. Наблюдения можно автоматизировать, используя в фокальной плоскости трубы узкие щели и установленный за ними фотоэлектрический светоприемник.

Измерения на пассажном инструменте чаще всего выполняются не в произвольном вертикале, а в плоскости небесного меридиана.

Пассажный инструмент.



В зависимости от наблюдений эти измерения служат для определения времени, долготы пункта наблюдений или прямых восхождений светил (см. *Небесные координаты*). Пассажные инструменты используются как при наблюдениях на обсерваториях, так и в экспедициях.

ПЕРЕМЕННЫЕ ЗВЕЗДЫ

Хотя на первый взгляд сверкающие на небе звезды кажутся постоянными, оказывается, что у многих из них видимый блеск меняется со временем. Звезда становится то ярче, то слабее. Такие звезды называются переменными звездами. У одних переменных звезд блеск меняется строго периодически (см. *Цефеиды*). У других он меняется более или менее периодически, у третьих — вовсе хаотическим образом. Есть звезды, вспыхивающие неожиданно. Там, где несколько дней назад была еле заметная на фотографиях звездочка, сегодня сверкает звезда, видимая невооруженным глазом. Через несколько месяцев блеск звезды снова падает. У некоторых звезд вспышки повторяются. Есть такие звезды, у которых наблюдаются очень быстрые вспышки. За несколько минут звезда становится ярче в сотни раз, а через час возвращается к исходному состоянию. Амплитуды колебаний блеска различных переменных звезд составляют от нескольких сотых долей *звездной величины* до 15—17 звездных величин. С развитием техники и усовершенствованием приемников, регистрирующих блеск звезд, стало возможным открывать новые переменные звезды с очень маленькими амплитудами и короткими периодами. Общее число обнаруженных переменных звезд в *Галактике* около 40 000, а в других *галактиках* — более 5000. Для обозначения переменных звезд используются латинские буквы с указанием созвездия, в котором звезда расположена. В пределах одного созвездия переменным звездам последовательно присваивается одна латинская буква, комбинация из двух букв либо буква V с номером. Например: S Car, RT Per, V557 Sgr.

Переменные звезды делятся на три больших класса: пульсирующие, эруптивные (взрывные) и затменные. Пульсирующие звезды обладают плавным изменением блеска. Оно обусловлено периодическим изменением радиуса и температуры поверхности. При сжатии звезды температура возрастает. Повышение температуры приводит к увеличению *светимости,* несмотря на то что радиус уменьшается. Периоды пульсирующих звезд меняются от долей дня (звезды типа RR Лиры) до десятков (цефеиды) и сотен дней (мириды — звезды типа Мира Кита). У цефеид и звезд типа RR Лиры периодичность выдерживается с удивительной точностью. У переменных звезд с полуправильным или хаотическим изменением блеска пульсации, хотя и более мощные, происходят нерегулярно. Пульсирующих звезд открыто около 14 тыс.

Второй класс переменных звезд — взрывные, или, как их еще называют, эруптивные, звезды. К ним относятся, во-первых, *сверхновые, новые,* повторные новые, звезды типа U Близнецов, новоподобные и симбиотические звезды. Всем этим звездам свойственны однократные или повторяющиеся вспышки взрывного характера с внезапным увеличением яркости. Многие из этих звезд являются компонентами тесных двойных систем, и бурные процессы возникают при взаимодействии компонентов в таких системах (см. *Двойные звезды*). Во-вторых, к эруптивным звездам относятся молодые быстрые неправильные переменные звезды, звезды типа UV Кита и ряд родственных им объектов. Число открытых эруптивных переменных превышает 2000.

Пульсирующие и эруптивные звезды называются физическими переменными звездами, поскольку изменения их видимого блеска вызваны физическими процессами, протекающими на них. При этом изменяется температура, цвет, а иногда и размер звезды.

К третьему классу переменных звезд относятся затменные переменные. Это двойные системы, плоскость орбиты которых параллельна лучу зрения. При движении звезд вокруг общего центра тяжести они поочередно затмевают друг друга, что и вызывает колебания их блеска. В тесных системах изменения суммарного блеска могут быть вызваны также искажениями формы звезд. Периоды изменения блеска затменных двойных — от

нескольких часов до десятков лет. В Галактике известно более 4000 таких звезд.

Существует еще небольшой отдельный класс переменных звезд — магнитные звезды. Кроме большого магнитного поля они имеют сильные неоднородности поверхностных характеристик. Такие неоднородности при вращении звезды приводят к изменению блеска.

Примерно для 20 000 звезд класс переменности не определен.

Переменные звезды очень внимательно изучаются астрономами. Наблюдаемые изменения блеска, спектра и других величин дают возможность определить основные характеристики звезды, такие, как светимость, радиус, температура, плотность, масса, а также изучить строение атмосфер и характеристики различных газовых потоков. По наблюдениям переменных звезд в различных звездных системах можно определить возраст этих систем и тип их звездного населения. Замечательная зависимость «период — светимость», обнаруженная для цефеид, позволяет по установленному периоду вычислить истинную яркость

НАБЛЮДЕНИЯ ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЕЗД



Начинайте наблюдения с ярких переменных звезд и, лишь приобретя достаточный опыт, переходите к более слабым, используя оптические инструменты.

Наиболее удобны для наблюдений невооруженным глазом следующие звезды с периодически изменяющимся блеском: λ Тельца (период 3 сут 22 ч 52 мин), β Персея (период 2 сут 20 ч 49 мин), β Лиры (период 12 сут 21 ч 56 мин), ζ Близнецов (период 10 сут 3 ч 37 мин), η Орла (период 7 сут 4 ч 14 мин) и δ Цефея (период 5 сут 8 ч 48 мин). В Школьном астрономическом календаре приводятся сведения, которые помогут вам в составлении программы наблюдений этих звезд, а в книге В. П. Цесевича «Что и как наблюдать на небе» (М.: Наука, 1973) подробно рассказывается о природе переменных звезд разных типов, о том, как обрабатывать результаты наблюдений. Задача наблюдателя заключается в том, чтобы как можно точнее оценить блеск звезды в момент наблюдений. Это можно сделать следующим образом. Выберите на небе две звезды сравнения, одна из которых немного ярче изучаемой переменной (обозначим ее латинской буквой a, а другая — несколько слабее (обозначим c); саму переменную обозначим буквой v. Для каждой из названных выше переменных звезды сравнения приведены в Школьном астрономическом календаре.

Вглядываясь поочередно в звезды сравнения и переменную, вы должны мысленно разделить интервал между звездными величинами звезд сравнения на 10 равных частей и поместить на эту воображаемую шкалу звездную величину переменной звезды. Если, например, вы считаете, что звездная величина переменной на 2/10 доли интервала слабее яркой звезды сравнения (или, что то же, на 8/10 ярче слабой звезды сравнения), то результат оценки записывается в виде: $a2v8\,c$. Эта формула позволяет вычислить и звездную величину m_v переменной. В нашем случае:

$$m_v = m_a + \frac{m_c - m_a}{10} \cdot 2,$$

или $m_v = m_c - \dfrac{m_c - m_a}{10} \cdot 8.$

Так, если $m_a = 3^m$, $m_c = 4^m$, то $m_v = 3 + 0{,}1^m \cdot 2 = 3{,}2$.

Для тренировки можно выбрать произвольно группы звезд с известным блеском, по три звезды в группе, и, считая самую яркую и самую слабую звезды звездами сравнения, определить звездную величину третьей звезды. Так как ее блеск известен, то можно проконтролировать точность оценок блеска.

Наносите результаты наблюдений на график, на котором по оси абсцисс откладывайте время наблюдений, а по оси ординат — определенную вами звездную величину переменной. Проведя плавную кривую, соединяющую точки на графике, вы получите кривую изменения блеска переменной звезды. Чем точнее будут выполнены оценки блеска, тем в большей степени построенный вами график будет соответствовать реальному изменению блеска звезды и тем лучше будут совпадать наблюденный вами и реальный моменты максимума или минимума блеска переменной звезды.

В «Справочнике любителя астрономии» П. Г. Куликовского (М.: Наука, 1971) приведены характеристики 33 переменных звезд, доступных наблюдениям в бинокль или в телескоп. Наблюдения этих звезд могут носить уже научный характер. В процессе наблюдений уточняются моменты максимумов и минимумов блеска переменных звезд и формы кривых блеска.

Овладев методикой оценок блеска периодических переменных звезд, вы можете поставить перед собой задачу изучения неправильных и полуправильных переменных звезд, патрулирования вспыхивающих звезд, изучения так называемых звезд, заподозренных в переменности.

звезды, а следовательно, и расстояния до нее. Таким образом были измерены расстояния до удаленных частей нашей Галактики, а также до других галактик. Современные наблюдения показали, что некоторые переменные двойные звезды являются космическими источниками рентгеновского излучения (см. *Рентгеновская астрономия*).

ПЛАНЕТАРИЙ

Чудесной машиной пространства и времени называют планетарий — сложный проекционный аппарат для демонстрации *звездного неба, Солнца, Луны, планет,* различных астрономических явлений. Планетариями называют также и научно-просветительные учреждения, в которых аппарат планетарий используется при чтении лекций по *астрономии, космонавтике, геодезии,* геофизике и др.

Первый аппарат планетарий был создан в 1924 г. в Германии. С тех пор он значительно усовершенствовался, и сейчас это сложный автоматизированный инструмент, используемый не только для популяризации наук о небе и *Земле,* но и как учебное пособие при изучении отдельных астрономических дисциплин.

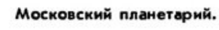
Планетарий позволяет изобразить на полусферическом куполе-экране суточное вращение неба на разных географических широтах; годичное изменение вида неба; звездное небо для воображаемого наблюдателя на Луне, Марсе, Венере. Специальные устройства позволяют создавать у зрителя полное впечатление участия в космическом полете, в межпланетном перелете, путешествии по планете.

Но не только *звезды* и планеты можно увидеть в планетарии. Здесь можно наблюдать и полное солнечное затмение. В Москве ближайшее полное затмение Солнца произойдет только 16 октября 2126 г. А в планетарии за считанные секунды можно перенестись в будущее и посмотреть, как будет происходить это затмение...

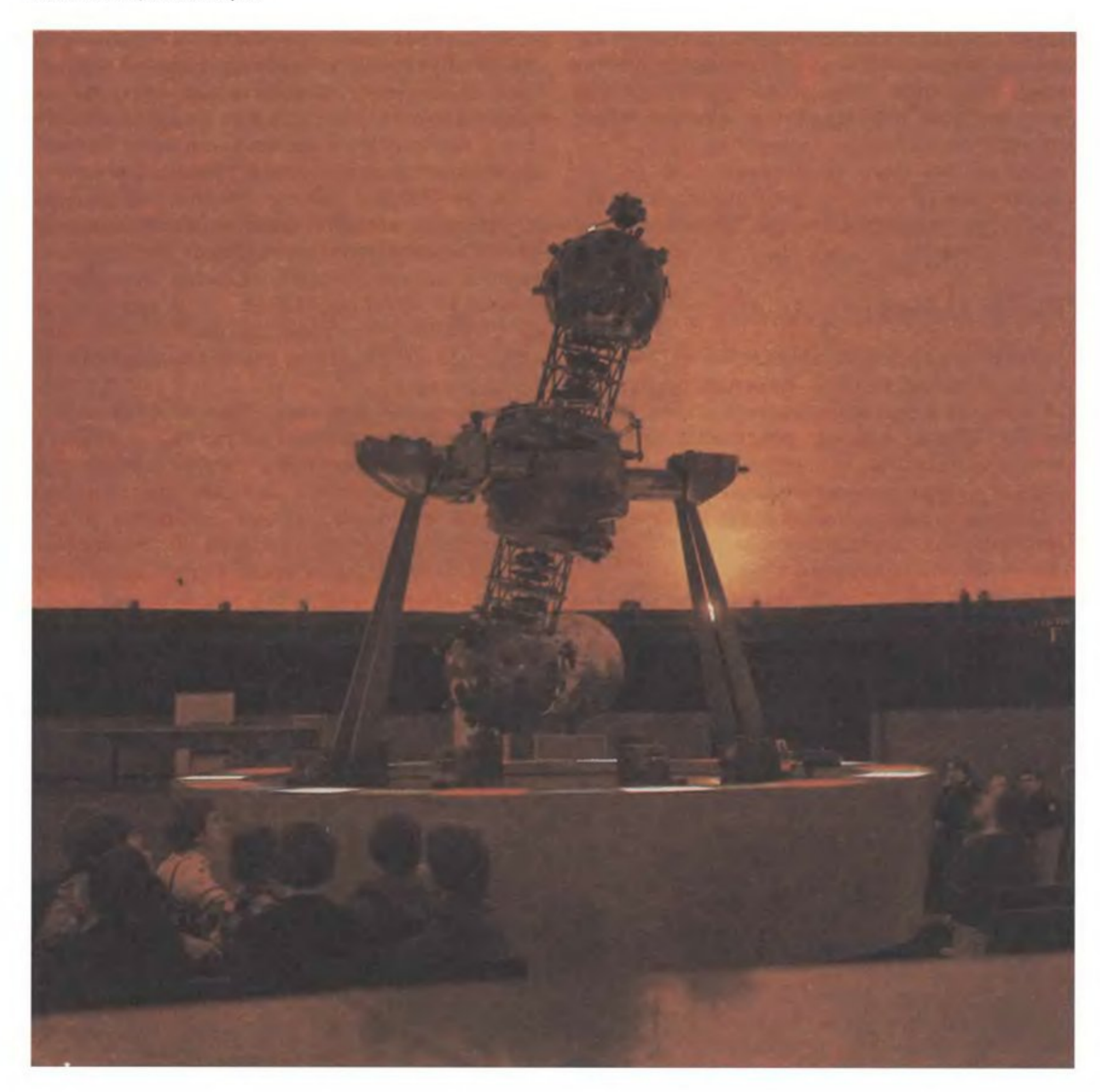
Наиболее совершенные планетарии изготавливает предприятие «Карл Цейс, Йена» в ГДР. Большие шары этого планетария проецируют на купол все звезды до 6,5-й *звездной величины,* причем наиболее яркие имеют цвет, соответствующий их спектральному классу. Изображения звезд создаются с помощью металлических пластинок, в которых проделаны мельчайшие отверстия разного диаметра (в соответствии со звездной величиной звезд), расположенные друг относительно друга, как звезды в небе. Один шар проецирует звезды Северного полушария, другой — звезды Южного полушария.

Шары меньшего размера дают возможность




Московский планетарий.

Большой аппарат планетарий.



превратить звездное небо в звездную карту: с их помощью на купол проецируются координатная сетка и контуры созвездий.

Специальные проекторы служат для демонстрации движения Солнца, Луны и пяти планет, видимых невооруженным глазом: *Меркурия, Венеры, Марса, Юпитера* и *Сатурна*. Специальные приборы проецируют на купол небесный экватор, *эклиптику*, небесный меридиан и другие точки и линии *небесной сферы*.

В планетарии можно «ускорить» (для наглядности) суточное и годичное движения Солнца, планет. Сутки в планетарии могут длиться от 12 мин до 35 с, а год — от 5,5 мин до 17 с. За небольшой промежуток времени можно увидеть такие явления, которые в природе происходят очень медленно: годовое движение Солнца по эклиптике (в планетарии можно показать перемещение Солнца на фоне созвездий) или изменения вида звездного неба в течение года. Сократив год до 1 мин, можно наблюдать, как планеты описывают петли, меняют взаимное расположение и положение относительно Солнца. Аппарат помогает даже совершить путешествие в будущее или в прошлое. За 1,5 мин в планетарии удается наблюдать явление, которое в действительности продолжается около 26 тыс. лет: прецессионное движение полюса мира вокруг полюса эклиптики (см. *Прецессия и нутация*).

Планетарии оборудуются проекторами *полярных сияний, комет, метеоров, солнечных и лунных затмений, переменных звезд, новых звезд, искусственных спутников* Земли и других небесных тел и явлений.

В нашей стране первый планетарий открылся в Москве 5 ноября 1929 г. В настоящее

время планетарии работают во многих других городах.

Большинство планетариев имеют астрономические площадки, оснащенные телескопами и другими приборами для демонстрации различных астрономических явлений. При планетариях работают кружки, в которых школьники занимаются теоретическими исследованиями, проводят наблюдения.

ПЛАНЕТЫ

Планеты — большие небесные тела, движущиеся вокруг Солнца и светящиеся отраженным солнечным светом. Масса планет не превышает 0,002 массы Солнца, а размеры достигают величины порядка $1{,}5 \times 10^8$ км. Вследствие большой удаленности от нас планеты имеют малые угловые размеры (менее 0,02°) и наиболее яркие из них для невооруженного глаза представляются светлыми точками на звездном небе. В телескоп большие планеты имеют вид маленьких светлых дисков или серпиков (наподобие *Луны*), тогда как звезды остаются точечными огоньками. Орбиты больших планет наклонены друг к другу под небольшими углами и образуют в пространстве почти плоскую систему (см. *Солнечная система*).

В настоящее время известно 9 больших планет. Кроме того, открыто несколько тысяч *малых планет* (астероидов), размеры которых составляют от нескольких сотен до 1 км и меньше; они движутся главным образом между орбитами *Марса* и *Юпитера*. Планеты по характеру их движения среди звезд делятся на верхние и нижние (см. *Конфигурации*), а по физическим характеристикам на планеты земной группы: *Меркурий*, *Венера*, *Земля*, Марс и планеты-гиганты: Юпитер, *Сатурн*, *Уран*, *Нептун*. В пределах одной группы планеты довольно близки между собой по таким физическим характеристикам, как средняя плотность, размеры, химический состав, но одна группа резко отличается по этим характеристикам от другой. Девятую планету — *Плутон*, по-видимому, нельзя отнести ни к одной из двух групп. По химическому составу он близок ко второй группе, а по размерам — к первой.

Каждая планета имеет свои неповторимые особенности. Вращение планет и ориентирование осей вращения в пространстве изучаются по наблюдениям перемещения различных деталей, видимых на поверхностях планет.

Данные о движении и вращении планет

Планета	Среднее расстояние от Солнца, в а. е.	Период обращения по орбите, в земных годах и сутках	Осевое вращение: Звездный период	Осевое вращение: Средние солнечные сутки	Наклон плоскости экватора к плоскости орбиты, градусы	Максимальный угловой диаметр, секунды дуги
Меркурий	0,39	87,97 сут	58,65 сут	175,9 сут	∠3	13
Венера	0,72	224,70 сут	243,0 сут	116,8 сут	177,4	66
Земля	1	365,26 сут	23 ч 56 мин 4,1 с	24 ч	23,45	—
Марс	1,52	686,98 сут	24 ч 37 мин 22,6 с	24 ч 39 мин 35 с	25,2	26
Юпитер	5,20	11,86 года	9 ч 50 мин 30 с на экв.	9 ч 50 мин 30 с	3,08	50
Сатурн	9,54	29,46 года	10 ч 14 мин на экв.	10 ч 14 мин на экв.	26,73	21
Уран	19,2	84,01 года	24 ч	24 ч	97,92	4
Нептун	30,1	164,79 года	22 ч	22 ч	28,80	2
Плутон	39,5	247,69 года	6,38 сут	6,38 сут	?	∠0,2

Данные о природе планет

Планета	Диаметр экваториальный: тыс. км	Диаметр экваториальный: единицы диаметра Земли	Масса (единицы массы Земли)	Скорость убегания на экваторе, км/с	Средняя плотность, г/см³	Количество природных спутников
Меркурий	4,9	0,38	0,054	4,2	5,44	нет
Венера	12,1	0,95	0,815	10,3	5,24	нет
Земля	12,8	1	1	11,2	5,52	1
Марс	6,8	0,53	0,108	5,0	3,94	2
Юпитер	142,6	11,2	317,83	61	1,33	16 и кольцо
Сатурн	120,2	9,4	95,15	37	0,70	17 и кольца
Уран	49,00	3,8	14,54	22	1,58	5 и узкие кольца
Нептун	50,2	3,9	17,23	25	2,30	2
Плутон	≈3	≈0,23	≈0,017	—	≈0,7	1 (?)

Радиолокационные наблюдения позволили определять параметры вращения Венеры, у которой поверхность постоянно скрыта облаками.

Наличие газовой оболочки вокруг планет при наблюдениях с Земли можно заметить по потемнению диска планет к краям, по постепенному угасанию звезды в случае, когда планеты проходят перед звездой (покрытия звезды планетой), по наличию облачных образований. Фотометрические измерения планет позволяют определить их *альбедо.*

Химический состав атмосфер планет определяется из спектральных наблюдений по интенсивности молекулярных полос поглощения, которые возникают в спектре отраженного солнечного излучения.

Методами астрофизики измеряют температуру поверхности планет и различных слоев планетных атмосфер. Для определения температуры отдельных деталей поверхности планет применяются тепловые измерения в инфракрасной области спектра.

Совокупные исследования физических условий и химического состава атмосфер планет позволяют изучать вопрос о возможности существования жизни на планетах.

Благодаря быстрому развитию космической техники стали возможными исследования планет и спутников с беспилотных межпланетных станций, снабженных телевизионными камерами, радиолокационной аппаратурой и физическими приборами для дистанционных измерений или для автоматического анализа образцов. Применение все более совершенной аппаратуры позволило получить огромный объем новой информации о природе Меркурия, Марса, Юпитера, Сатурна, Венеры, привело к открытию интересных подробностей и к уточнению (а по некоторым вопросам к коренному пересмотру) наших представлений об этих планетах. Основные сведения о них приводятся в статьях о каждой планете.

Околосолнечная планетная система, вероятно, не единственная в *Галактике,* а тем более во *Вселенной.* Но прямых доказательств существования других подобных систем пока нет.

ПЛУТОН

Плутон был открыт Клайдом Томбо (США) в 1930 г. Из 9 известных больших планет *Солнечной системы* Плутон наиболее удален от *Солнца.* Среднее расстояние Плутона от Солнца составляет 39,5 а. е. Плутон выглядит как точечный объект 15-й *звездной величины,* т. е. примерно в 4 тыс. раз слабее тех звезд, которые находятся на пределе видимости невооруженным глазом. Плутон очень медленно, за 247,7 года, совершает оборот по орбите, которая имеет необычно большой наклон (17°) к плоскости *эклиптики* и вытянута настолько, что в перигелии Плутон подходит к Солнцу на более короткое расстояние, чем *Нептун.* Из-за огромной удаленности от Солнца и слабой освещенности изучать Плутон очень сложно.

Измерить диаметр Плутона долго не удавалось. Лишь в 80-е годы, применив новый метод спекл-интерферометрии, астрономы установили, что он близок к 3000 км. Поверхность Плутона, нагреваемая Солнцем до —220°С, даже в наименее холодных полуденных участках покрыта, по-видимому, снегом из замерзшего метана. Атмосфера планеты разреженная и состоит из газообразного метана с возможной примесью инертных газов.

Блеск Плутона меняется с периодом вращения 6 сут 9 ч. В 1978 г. выяснилось, что эта периодичность соответствует также орбитальному движению спутника Плутона, обнаруженного американскими астрономами. Спутник Плутона — Харон относительно яркий, но расположен настолько близко к планете, что его изображение на фотоснимках сливается с изображением Плутона, лишь слегка выступая то с одной, то с другой стороны. Из периода обращения и расстояния между центрами вычислили массу системы «Плутон — спутник». Масса оказалась неожиданно малой: приблизительно 1,7% массы *Земли.* Почти вся она сосредоточена в Плутоне, так как диаметр спутника, судя по блеску, мал по сравнению с диаметром планеты. В таком случае средняя плотность Плутона составляет приблизительно 0,7 г/см^3, если принять его диаметр равным 3000 км. Такая малая плотность означает, что Плутон состоит преимущественно из летучих химических элементов и соединений, т. е. имеет примерно такой же состав, как планеты-гиганты и их спутники.

ПОЗИЦИОННЫЕ ЛИНИИ

Позиционные линии — линии на карте или глобусе, проведенные в соответствии с результатами астрономических наблюдений. Служат для определения местоположения наблюдателя на земной поверхности. Астрономические наблюдения, выполненные в некоторый момент времени, дают возможность определить ту или иную координату небесного светила, например его зенитное расстояние (см. *Небесные координаты*). На земном глобусе или на географической карте можно отметить все точки, т. е. построить геометрическое место точек, для которых координата в момент наблюдений

имела именно это, полученное из измерений значение. Построенная таким образом линия называется линией положения или позиционной линией. Очевидно, наблюдатель выполнял измерения и находился где-то на этой позиционной линии.

Для того чтобы найти точное положение наблюдателя, достаточно построить две позиционные линии для двух небесных светил. Точка пересечения линий укажет местоположение наблюдателя. Для повышения надежности результата желательно выбирать позиционные линии так, чтобы они пересекались не под острым углом, а под углом, по возможности близким к прямому.

Позиционные линии широко применялись в морской и авиационной навигации до появления и развития методов радионавигации.

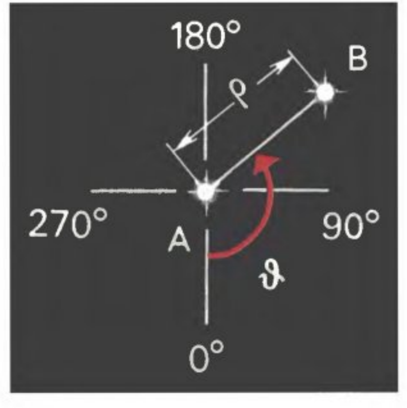
ПОЗИЦИОННЫЙ УГОЛ

Позиционный угол — величина, с помощью которой задают в той или иной точке *небесной сферы* некоторое направление, например: направление прямой, соединяющей центры компонентов *двойной звезды,* направление от *планеты* на ее спутник и т. д.

Позиционный угол отсчитывают от северной части круга склонения, проведенного через исходную точку до заданного направления против часовой стрелки. Он может иметь значения от 0 до 360°.

Позиционный угол ϑ — одна из двух полярных координат, с помощью которых на небесной сфере можно задать положение одного светила относительно другого. Второй координатой при этом служит угловое расстояние ϱ между исходной точкой A и определяемой точкой B (см. рис.).

Позиционный угол отсчитывается от северной части круга склонения против часовой стрелки.



ПОЛЯРНАЯ ЗВЕЗДА

Полярная звезда — ближайшая к Северному полюсу мира звезда, видимая невооруженным глазом. Это самая яркая звезда в созвездии Малой Медведицы, 2-й звездной величины. По Полярной звезде определяют направление на север и географическую широту места, которая равна высоте полюса мира над горизонтом. В 1900 г. Полярная звезда находилась в 1°14′ от Северного полюса, в 2000 г. вследствие прецессии она приблизится до 42′.

Полярная звезда является переменной звездой — *цефеидой,* расстояние до нее составляет 90 пс. Блеск ее изменяется с периодом около 4 сут, с амплитудой 0,14 *звездной величины.* Изменения блеска можно заметить только с помощью фотометров.

ПОЛЯРНЫЕ СИЯНИЯ

Сполохами называют на Севере полярные сияния, одно из самых красивых явлений в природе. Формы их очень разнообразны: то это своеобразные светлые столбы, то это изумрудно-зеленые, с красной бахромой занавеси, пылающие длинные ленты, расходящиеся многоцветные лучи-стрелы, а то и просто бесформенные светлые, порой цветные пятна на небе. Причудливый свет на небе сверкает, как пламя, охватывая порой больше чем полнеба. Эта фантастическая игра природных сил длится несколько часов, то угасая, то разгораясь.

Полярные сияния чаще всего наблюдаются в полярных странах, откуда и происходит их название (раньше их называли северными сияниями). Но иногда они бывают видны не только на далеком Севере, что объясняется увеличением мощности возбудителя свечения — *солнечного ветра.* В ночь на 26 января 1938 г. полярное сияние видели даже на Южном берегу Крыма. Наблюдатели описывали его как зарево далекого громадного пожара на фоне безоблачного звездного неба в северной его стороне. Сияние имело густо-малиновый цвет. Оно ослабевало и усиливалось. На красном фоне большого пятна неправильной размытой формы временами возникали вертикальные куски белого цвета, создавая впечатление лучей далеких прожекторов.

Что же является причиной полярных сияний? Чем они вызываются? Когда их лучше всего наблюдать?

Начало изучению полярных сияний положил великий русский ученый *М. В. Ломоносов,* высказавший мнение, что причиной этого



Разнообразны, причудливы цвета и формы полярных сияний. Наблюдатель может увидеть то светлые столбы, то изумрудно-зеленые занавеси с красной бахромой, то пылающие ленты или бесформенные светлые пятна.

явления служат электрические разряды в разреженном воздухе.

Полярные сияния — это свечение верхних, очень разреженных слоев атмосферы на высоте обычно от 80 до 1000 км. Свечение это происходит под влиянием быстро движущихся электрически заряженных частиц (электронов и протонов), излучаемых *Солнцем*. Взаимодействие солнечного ветра с *магнитным полем Земли* приводит к повышенной концентрации заряженных частиц в зонах, окружающих геомагнитные полюсы Земли. Именно в этих зонах и наблюдается наибольшая активность полярных сияний.

Столкновения быстрых электронов и протонов с атомами кислорода и азота, а также с молекулами азота приводят их в возбужденное состояние. Выделяя избыток энергии, атомы кислорода дают яркое излучение в зеленой и красной областях спектра, молекулы азота — в фиолетовой. Сочетание всех этих излучений и придает полярным сияниям красивую, часто меняющуюся цветовую окраску. Такие процессы могут происходить только в высоких слоях атмосферы, потому что, во-первых, в низких плотных слоях столкновения атомов и молекул воздуха друг с другом сразу отнимают у них энергию, получаемую от солнечных частиц, а во-вторых, сами космические частицы не могут проникать глубоко в земную атмосферу.

Полярные сияния происходят чаще и бывают ярче в годы максимума *солнечной активности*, а также в дни появления на Солнце мощных групп пятен, вспышек и т. п., так как с повышением солнечной активности усиливается интенсивность солнечного ветра — основного фактора, возбуждающего свечение полярных сияний.

Теперь полярные сияния исследуются также с помощью *искусственных спутников* Земли. Они уже подтвердили, что возбуждают свечение в основном электроны.

Полярные сияния могут происходить и в атмосферах других планет, например в атмосфере *Венеры*.

ПРЕЦЕССИЯ И НУТАЦИЯ

Вероятно, вы не раз наблюдали вращение волчка и обратили внимание на то, что его ось практически не бывает неподвижна. Под действием силы земного тяготения, в соответствии с законами вращательного движения, ось волчка перемещается, описывая коническую поверхность.

Земля — большой волчок. И ее ось вращения под действием сил тяготения *Луны* и *Солнца* на экваториальный избыток (как известно, Земля сплюснута и, таким образом, у экватора расположено как бы больше вещества, чем у полюсов) также медленно вращается.

Ось вращения Земли описывает около оси *эклиптики* конус с углом в 23,5°, вследствие чего полюс мира движется вокруг полюса эклиптики по малому кругу, совершая один оборот примерно за 26 000 лет. Это движение называется прецессией.

Следствием прецессии является постепенное смещение *точки весеннего равноденствия* навстречу видимому движению Солнца на 50,3″ в год. По этой причине Солнце ежегодно вступает в точку весеннего равноденствия на 20 мин раньше, чем оно совершает полный оборот на небе.

В результате прецессии медленно изменяется картина суточного вращения звездного неба: около 4600 лет назад полюс мира был вблизи звезды α Дракона, теперь он расположен вблизи Полярной звезды, а через 2000 лет полярной звездой станет γ Цефея. Через 12 000 лет право называться полярной перейдет к звезде Веге (α Лиры), которая в настоящее время отстоит от полюса на 51°.

Изменение положения небесного экватора и полюса мира, а также перемещение точки весеннего равноденствия вызывает изменение экваториальных и эклиптических *небесных координат*. Поэтому, приводя координаты небесных светил в каталогах, изображая их на картах, обязательно указывают эпоху, т. е. момент времени, для которого были приняты положения экватора и точки весеннего равноденствия при определении системы координат.

Явление прецессии было открыто во II в. до н. э. греческим астрономом *Гиппархом* при сравнении долгот звезд, определенных им из наблюдений, с долготами этих же звезд, найденными за 150 лет до него греческими астрономами Тимохарисом и Аристиллом. В значительной мере прецессия возникает под действием сил тяготения Луны.

Силы, которые вызывают прецессию, вследствие изменения расположения Солнца и Луны относительно Земли постоянно меняются. Поэтому, наряду с движением оси вращения Земли по конусу, наблюдаются небольшие ее колебания, названные нутацией. Наибольшее из таких колебаний имеет амплитуду 9,2″ и период 18,6 г. Под воздействием прецессии и нутации полюс мира описывает среди звезд сложную волнообразную кривую.

Скорости изменения координат звезд вследствие прецессии зависят от положения звезд на небесной сфере. Склонения разных звезд изменяются за год на величины от +20″ до −20″ в зависимости от прямого восхождения. Прямые восхождения вследствие прецессии меняются более сложным образом, и их поправки зависят как от прямых восхождений, так и от склонений звезд. Для близполюсных звезд прямые восхождения могут меняться весьма заметно даже за небольшие интервалы времени. Например, прямое восхождение Полярной звезды меняется за 10 лет почти на целый градус. Таблицы прецессии публикуются в *астрономических ежегодниках и календарях*.

Следует иметь в виду, что прецессия и нутация изменяют лишь ориентировку оси вращения Земли в пространстве и не влияют на положение этой оси в теле Земли. Поэтому ни широты, ни долготы мест земной поверхности из-за прецессии и нутации не изменяются и влияния эти явления на климат не оказывают.

ПРИЛИВЫ И ОТЛИВЫ

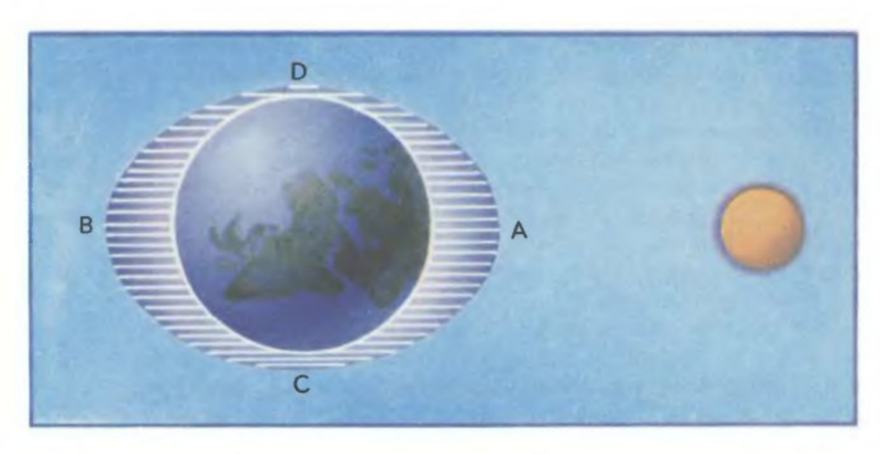
Приливы и отливы — периодические повышения и понижения уровня воды в океанах и морях. Дважды в течение суток с промежутком около 12 ч 25 мин вода у берега океана или открытого моря поднимается и, если нет преград, заливает иногда большие пространства — происходит прилив, а затем понижается и отступает, обнажая дно, — происходит отлив. Еще в древние времена люди связывали приливы и отливы с *Луной*. И действительно, основная причина приливов, как впервые указал *И. Ньютон*, — это притяжение Земли Луной, точнее говоря, разность между притяжением Луной всей Земли в целом, с одной стороны, и водной оболочки ее — с другой.

Теория Ньютона объясняет приливы и отливы следующим образом. Притяжение Земли Луной складывается из притяжения Луной отдельных частиц Земли. Частицы, находящиеся в данный момент ближе к Луне, притягиваются ею сильнее, а более далекие — слабее. Если бы Земля была абсолютно твердой, то это различие в силе притяжения не играло бы никакой роли. Но Земля не абсолютно твердое тело. Поэтому разность сил притяжения частиц, находящихся вблизи поверхности Земли и вблизи ее центра (эту разность называют приливообразующей силой), смещает частицы друг относительно друга, и Земля, прежде всего ее водная оболочка, деформируется.

В результате на стороне Земли, обращенной к Луне, и на противоположной стороне (точки A и B) вода поднимается, образуя приливные выступы, и там накапливается излишек воды. За счет этого уровень воды в точках C и D Земли в это время снижается — здесь наступает отлив (см. рис.).

Приливные выступы стремятся сохранить по отношению к Луне одно и то же положение, и если бы Земля не вращалась, а Луна оставалась неподвижной, то Земля вместе со своей водной оболочкой всегда сохраняла бы одну и ту же вытянутую форму. Однако Земля

Под действием тяготения Луны на стороне Земли, обращенной к Луне, и на противоположной стороне (точки A и B) образуются приливные выступы.



вращается, а Луна движется вокруг Земли примерно за 24 ч 50 мин. С этим же периодом приливные выступы следуют за Луной и перемещаются по поверхности океанов и морей с востока на запад. Поскольку таких выступов два, над каждым пунктом в океане дважды в сутки с интервалом около 12 ч 25 мин проходит приливная волна.

В открытом океане вода поднимается при прохождении приливной волны незначительно (примерно на 1 м и менее), что остается практически незаметным для мореплавателей. Но у берегов даже такой подъем уровня воды заметен. В бухтах и узких заливах уровень воды поднимается во время приливов гораздо выше, так как берег препятствует движению приливной волны, и вода накапливается здесь в течение всего времени между отливом и приливом. Самый большой прилив (около 18 м) наблюдается в одной из бухт на побережье Канады. В СССР наибольшие приливы (около 13 м) происходят в Гижигинской и Пенжинской губах Охотского моря. Во внутренних морях, например в Балтийском и Черном, приливы и отливы почти незаметны, поскольку в такие моря не успевают проникнуть массы воды, перемещающиеся вместе с океанской приливной волной. Правда, в каждом закрытом море или даже озере возникают самостоятельные приливные волны, но они несут с собой относительно небольшие массы воды. Высота приливов в Черном море достигает лишь 10 см.

В одной и той же местности высота прилива непостоянна, так как расстояние от Луны до Земли и наибольшая высота Луны над горизонтом с течением времени не остаются неизменными, а это приводит к изменению величины приливообразующих сил. В частности, изменение расстояния от Луны до Земли в течение месяца от 363 тыс. км до 406 тыс. км приводит к изменению этих сил в 1,25 раза.

Заметное приливное действие оказывает также и Солнце. Подсчитано, что в среднем приливные силы Солнца меньше приливных сил Луны в 2,2 раза.

Во время новолуния и полнолуния приливные силы Солнца и Луны действуют в одном направлении, и получаются наиболее высокие приливы. Во время же первой и третьей четвертей Луны приливные силы Солнца и Луны как бы противодействуют одна другой, и приливы бывают значительно меньшими. Во многих странах издаются «Таблицы приливов», где указана высота прилива в различных портах на каждый час в течение всех дней в году.

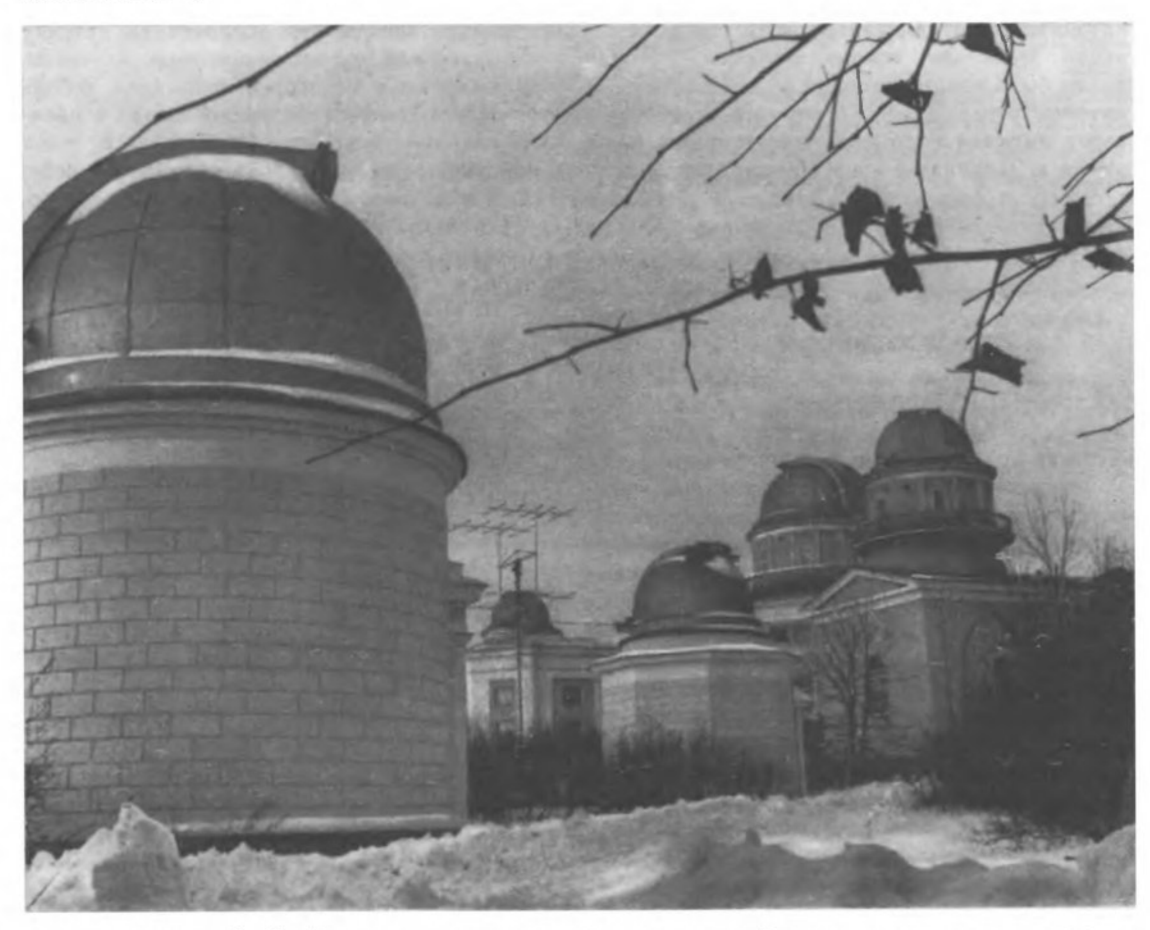
Приливные явления происходят не только в водной, но и в воздушной оболочке Земли (атмосферные приливы и отливы), а также в твердом теле Земли (поскольку Земля не является абсолютно твердой). Вертикальные колебания поверхности Земли вследствие приливов достигают нескольких десятков сантиметров.

Вполне перспективным является строительство приливных электростанций, в которых перемещающиеся во время приливов и отливов массы воды вращают колеса турбин. В 1967 г. во Франции пущена в эксплуатацию приливная электростанция в устье реки Ранс. В 1968 г. дала ток опытная приливная электростанция, построенная в СССР в Кислой губе близ Мурманска. Проектируется в будущем строительство других приливных электростанций.

ПУЛКОВСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ

Главная астрономическая обсерватория Академии наук СССР — научно-исследовательское астрономическое учреждение — расположена в 20 км к югу от центра Ленинграда, на Пулковских высотах (75 м над уровнем моря). Основана в 1839 г. выдающимся

Пулковская обсерватория.



русским ученым *В. Я. Струве,* который был первым ее директором до конца 1861 г., когда его сменил сын — О. В. Струве. При основании на Пулковской обсерватории был установлен 38-см рефрактор, а 50 лет спустя — 76-см; эти телескопы были в свое время крупнейшими в мире.

Обсерватория была всемирно известна точностью астрометрических наблюдений, в частности при определении координат звезд для составления звездных каталогов, определением основных *астрономических постоянных* — прецессии, нутации, аберрации и рефракции, наблюдениями *двойных звезд* и *спутников планет*. Работы обсерватории были связаны с географическим изучением России и развитием мореплавания. Первоначально созданная для астрометрических наблюдений, обсерватория по мере развития астрономии оснащалась астрофизическими инструментами — *астрографами* для фотографирования звездного неба, фотометрами для измерения яркости светил, спектрографами для изучения их спектров, *солнечными телескопами* для наблюдений явлений на *Солнце.* Для наблюдений звезд, невидимых на широте Пулкова, были организованы 2 филиала: в 1908 г. астрофизический в Симеизе, в Крыму, и в 1912 г. астрометрический в Николаеве.

Во время Великой Отечественной войны все здания Пулковской обсерватории были полностью разрушены. Инструменты средней величины удалось спасти, но от больших телескопов осталась только оптика. Погибла значительная часть уникальной библиотеки. Но еще до победоносного окончания войны было принято правительственное решение о восстановлении обсерватории. В 1946 г. началось строительство, и в мае 1954 г. состоялось торжественное открытие обсерватории, которая не только была восстановлена, но значительно расширена и снабжена новыми инструментами. Восстановление обсерватории организовал ее директор Герой Социалистического Труда академик *А. А. Михайлов.* В настоящее время научная деятельность обсерватории ведется в области создания каталогов звездных положений и определения астрономических постоянных, исследования Солнца и звезд, радиоастрономических наблюдений, астрономического приборостроения и т. д.

Из филиалов сохранилось отделение в Николаеве: Симеизская обсерватория была передана Астрономическому совету АН СССР.

Близ Кисловодска на Кавказе на высоте 2070 м была создана горная астрономическая станция, а в Благовещенске-на-Амуре организована широтная лаборатория для исследования движения земных полюсов, которая позже была реорганизована в самостоятельное научное учреждение. Кроме того, у обсерватории имеются постоянно действующие экспедиции в Закавказье и на Памире.

Обсерватория издает «Труды» (с 1893 г.), «Известия» (с 1907 г.), «Солнечные данные» (с 1954 г.) и др.

ПУЛЬСАРЫ

Пульсары — источники электромагнитного излучения, изменяющегося строго периодически: от долей секунды до нескольких минут. Первые пульсары были открыты в 1968 г. английскими радиоастрономами как слабые источники импульсного радиоизлучения. В 1970-х гг. с *искусственных спутников* были открыты периодические источники рентгеновского излучения — так называемые рентгеновские пульсары (см. *Рентгеновская астрономия*), свойства излучения которых существенно отличаются от свойств радиопульсаров.

В настоящее время известно более 300 радиопульсаров с периодами от 0,0016 до 4,0 с. Они обозначаются чаще всего буквами PSR и цифрами, выражающими их экваториальные координаты. Например, PSR 0531+21 — это известный пульсар в *Крабовидной туманности*, его прямое восхождение 05^h31^m, а склонение +21°. Повторяющиеся импульсы пульсаров резко меняют свою интенсивность и форму. Однако определенная по нескольким периодам средняя форма импульса практически не меняется со временем.

Распределение энергии излучения пульсара по частоте, а также интенсивность излучения в радиодиапазоне показывают, что оно не может быть объяснено высокой температурой звезды; для того чтобы объяснить наблюдаемую «радиояркость» пульсара тепловым излучением, необходимо было предположить, что он нагрет до 10^{25}K и выше, а такие температуры совершенно невозможны.

Накапливая данные за несколько лет, астрономам удалось измерить период с точностью до 10^{-12}с. При этом оказалось, что периоды радиопульсаров постоянно увеличиваются. У некоторых пульсаров период удваивается за 1000 лет, у других это происходит медленнее — за 10^9 лет. Это время условно называют возрастом пульсара.

Природа излучения пульсаров полностью пока не раскрыта. Ученые считают, что пульсары представляют собой вращающиеся *нейтронные звезды* с сильным магнитным полем. Из-за магнитного поля излучение пульсара подобно лучу прожектора. Когда из-за вращения нейтронной звезды луч попадает на антенну *радиотелескопа,* мы видим всплески излучения. Наблюдаемые у некоторых пульсаров «сбои» периодов подтверждают предсказания о наличии твердой коры и сверхтекучего ядра у нейтронных звезд («сбой» периода происходит при разломе твердой коры — «звездотрясениях»).

Сигналы пульсаров на разных радиочастотах распространяются в межзвездной плазме (см. *Межзвездная среда*) с разной скоростью. Поэтому по взаимному запаздыванию сигналов определяют расстояние до пульсаров. Таким путем находят их распределение в *Галактике*. Пульсары концентрируются к плоскости Галактики. Распределение пульсаров приблизительно соответствует распределению остатков *сверхновых звезд*. Видимо, большая часть пульсаров образуется при взрывах сверхновых звезд. Это доказано по крайней мере для пульсара в центре Крабовидной туманности, у которого наблюдается импульсное излучение также и в оптическом диапазоне.

В отличие от радиопульсаров рентгеновские пульсары встречаются только в двойных системах. У некоторых радиопульсаров тоже наблюдается импульсное рентгеновское излучение и даже гамма-излучение, но совсем другой природы, чем у собственно рентгеновских пульсаров.

До открытия пульсаров в научной литературе широко обсуждался вопрос о нейтронных звездах. Однако совершенно не было ясно, удастся ли их когда-нибудь наблюдать астрономическими методами. Многие астрономы вообще сомневались в их существовании. Неожиданное открытие пульсаров показало, что нейтронные звезды могут быть радиоисточниками огромной мощности, значительно более высокой, чем та, которую предсказывали теоретики. Удивительной оказалась также и строгая периодичность их радиоизлучения, до сих пор являющаяся одной из наиболее сложных загадок пульсаров.

Р

РАДИАЦИОННЫЕ ПОЯСА

Еще в начале нашего века на основе изучения *полярных сияний* и магнитных бурь было высказано предположение о возможности захвата *магнитным полем Земли* заряженных частиц, движущихся в межпланетном пространстве. Однако лишь при исследованиях, проводимых с помощью искусственных спутников Земли, за пределами земной атмосферы были открыты области с высокой плотностью энергичных частиц — внутренний и внешний радиационные пояса Земли.

Радиационные пояса Земли почти целиком состоят из электронов и протонов с энергиями от килоэлектронвольт (кэВ) до сотен мегаэлектронвольт (МэВ), в них обнаружены также альфа-частицы и некоторые более тяжелые ионы. Вследствие особой конфигурации силовых линий магнитное поле Земли создает для заряженных частиц как бы ловушку, в которой оно может длительное время их удерживать. Характер движения частиц определяется структурой магнитного поля: они совершают быстрые колебания из Северного полушария в Южное и обратно, двигаясь по спирали относительно силовой линии, и одновременно медленно перемещаются вокруг Земли по азимуту. Приближаясь к Земле, частицы попадают в область, где нарастает напряженность магнитного поля. В некоторой точке, называемой зеркальной, они как бы отражаются, после чего движутся к сопряженной зеркальной точке, расположенной в другом полушарии Земли (рис. 1).

Одно колебание из Северного полушария в Южное и обратно частица средней энергии совершает за время порядка 1 с. Время жизни частицы в захваченном состоянии для протона с энергией свыше нескольких сотен МэВ может достигать 100 лет во внутреннем поясе.

Внутренний радиационный пояс расположен на высотах, не превышающих 12 000 км; внешний радиационный пояс простирается примерно до 57 000 км. Разделение на внутренний и внешний радиационные пояса, принятое первоначально и сохранившееся до настоящего времени из-за различия их свойств, условно. На самом деле вся область околоземного пространства заселена заряженными частицами, движущимися в магнитном поле Земли (рис. 2). Эта область называется магнитосферой. Она отделена от межпланетного пространства магнитопаузой и переходной областью (см. *Магнитное поле Земли*).

Пополнение радиационных поясов протонами и электронами происходит за счет распада нейтронов, образующихся в атмосфере Земли при бомбардировке ее частицами космических лучей, ускорения и переноса частиц из наружных областей магнитосферы во внутренние. «Подкачка» частиц во внешнем радиационном поясе, вероятно, производится солнечными корпускулярными потоками. В среднем в радиационных поясах существует равновесие между процессами пополнения и гибели частиц. Утечка частиц происходит в основном из-за потерь энергии при столкновении с атомами атмосферы, а также за счет процессов взаимодействия и рассеяния частиц на неоднородностях магнитного поля и различных электромагнитных волнах.

Эти эффекты приводят к «высыпаниям» частиц вдоль силовых линий магнитного поля в атмосферу, наиболее интенсивные из которых сопровождаются полярными сияниями. Для внутреннего радиационного пояса характерны небольшие вариации в течение 11-летнего цикла *солнечной активности;* внешний пояс меняет свои границы и структуру даже при незначительных «возмущениях» магнитосферы. Особенно заметные изменения происходят в радиационных поясах во время и после сильных магнитных бурь.

Радиационные пояса Земли могут заполняться частицами и в результате человеческой деятельности. Так, после американского ядерного взрыва 9 июля 1962 г. в верхней атмосфере во внутренний радиационный пояс поступило столько электронов, что их интенсивность превысила интенсивность электронов естественного происхождения, имеющих такую же энергию. Исчезли эти электроны лишь к 1971 г. Длительное пребывание в радиационном поясе представляет серьезную

Рис. 1. Схематическое изображение движения заряженной частицы в магнитном поле Земли.

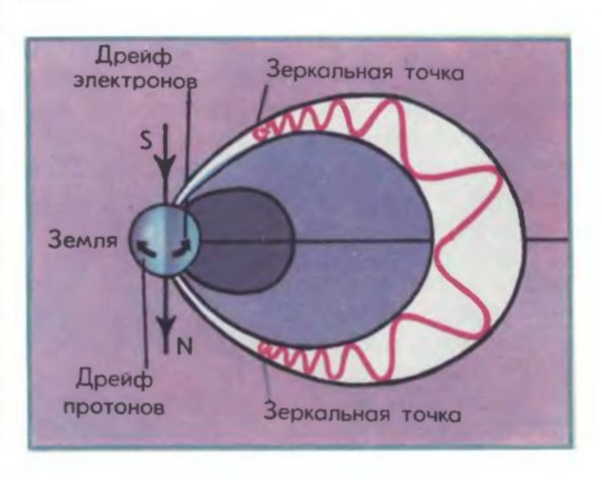
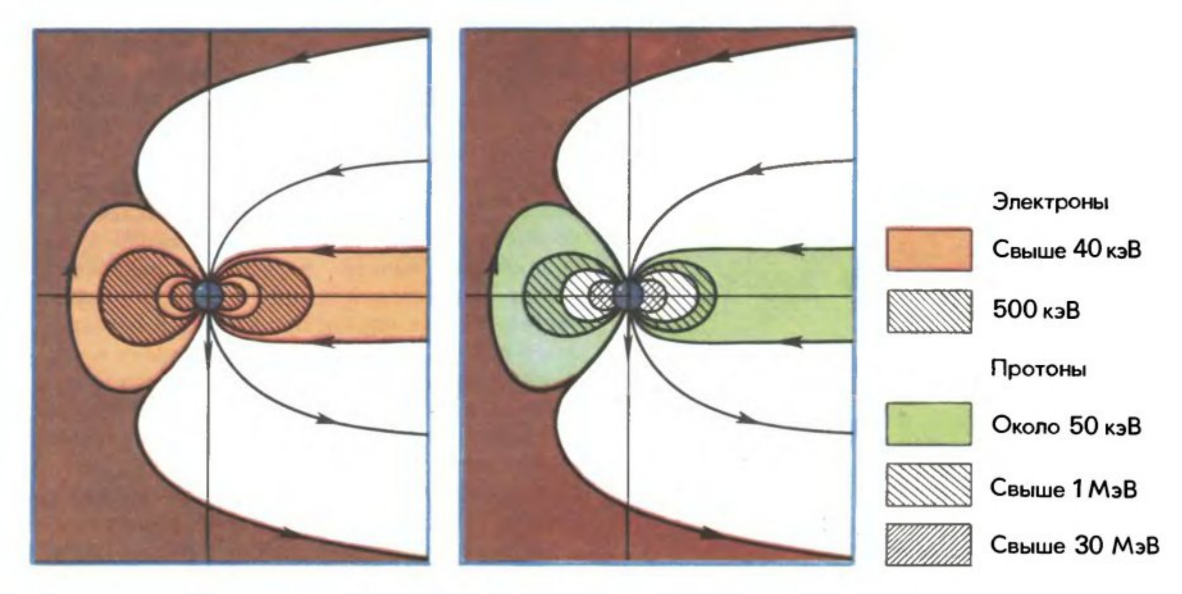


Рис. 2. Сечение радиационных поясов Земли плоскостью меридиана полдень — полночь. Слева — области, занятые электронами; справа — протонами.



опасность и может привести к повреждению элементов космической техники (тонких оптических покрытий, солнечных батарей и т. п.) и к лучевому поражению живых организмов внутри космического корабля. Выбор траектории полета и обеспечение защиты корабля позволяют исключить опасность, связанную с лучевым поражением.

Радиационные пояса Земли — это одни из звеньев в цепи взаимосвязанных геофизических явлений, определяющихся состоянием верхней атмосферы и магнитного поля Земли, которые, в свою очередь, связаны с солнечной активностью. Помимо Земли установлено также наличие радиационных поясов у *Юпитера.* Американские космические аппараты «Пионер-10» и «Пионер-11» при полете около планеты зарегистрировали интенсивные потоки электронов и протонов.

РАДИОАСТРОНОМИЯ

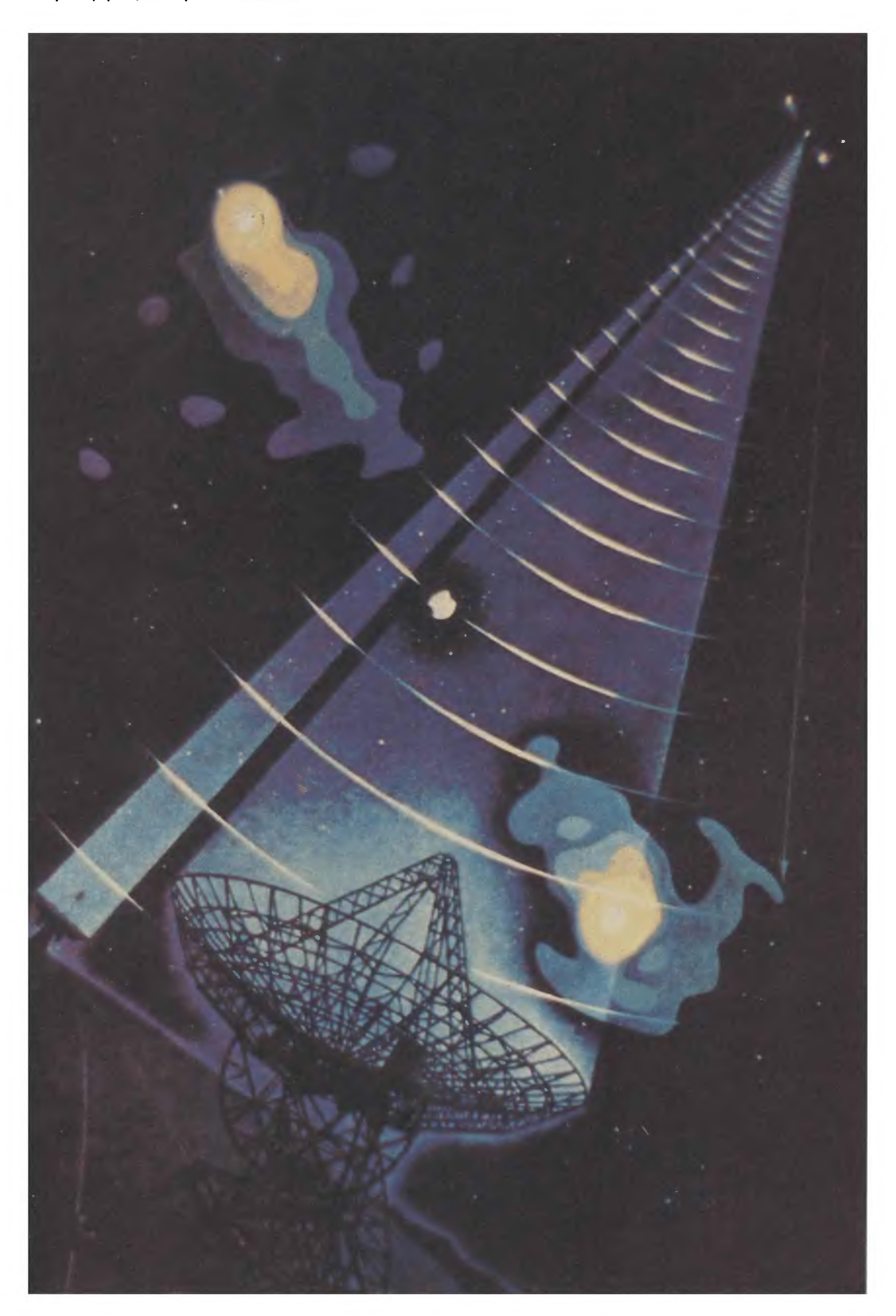
Радиоастрономия — раздел астрономии, в котором небесные тела изучаются по приходящему от них радиоизлучению. Все тела во *Вселенной* в той или иной степени нагреты. Частички, из которых они состоят, находятся в постоянном тепловом движении. С этим связано *электромагнитное излучение небесных тел,* в том числе и радиоизлучение. Излучение такого вида называется тепловым радиоизлучением. Но это не единственный вид радиоизлучения, с которым приходится иметь дело радиоастрономам. В космических объектах часто происходят процессы, связанные с массовым выбросом заряженных частиц, резкими, взрывными изменениями сильных электромагнитных полей. Эти явления также сопровождаются излучением в радиодиапазоне. Радиоизлучение, вызываемое заряженными частицами, движущимися со скоростями, близкими к скорости света, в магнитных полях, называется синхротронным (нетепловым).

Сильный источник теплового радиоизлучения — *Солнце.* В периоды повышенной *солнечной активности* появляется радиоизлучение нетеплового характера. Тепловое радиоизлучение наблюдается и у планет *Солнечной системы.* На некоторых больших планетах, особенно на *Юпитере,* происходят сильные всплески нетеплового радиоизлучения — облака ионизованного межзвездного газа. Сильное нетепловое радиоизлучение в *Галактике,* как правило, связано с мощными взрывными процессами и образующимися при этом быстро движущимися заряженными частицами. Таково происхождение радиоизлучения остатков *сверхновых звезд.*

Сильное радиоизлучение в галактиках служит признаком того, что в них происходят мощные динамические процессы (например, идет интенсивное звездообразование). Галактики, в которых наблюдаемое радиоизлучение намного выше уровня, характерного для большинства «обыкновенных» галактик, называются *радиогалактиками.*

Описанные виды радиоизлучения представляют собой совокупность радиоволн различной длины волны и образуют непрерывный спектр. На его фоне наблюдаются спектральные радиолинии. Появление радиолиний связано с квантовыми процессами излучения в атомах и молекулах межзвездного газа. Наиболее известна радиолиния на волне 21 см, вызываемая излучением межзвездных масс нейтрального

Радиоволны приносят очень важную информациюю о природе далеких космических объектов.



водорода. Известны также и многие другие радиолинии, происхождение которых связано с различными элементами, а также с молекулами воды и довольно сложных углеводородных соединений.

Интереснейшим объектом являются звезды-*пульсары*, источники пульсирующего радиоизлучения.

Особые физические условия в таких объектах приводят к тому, что радиоизлучение испускается пульсарами в виде пучка. Звезды быстро вращаются вокруг своей оси и образуют своеобразный «радиопрожектор», обегающий своим лучом окружающее пространство.

Радиоастрономия необычайно расширяет возможности комплексного изучения космических объектов. Чувствительные *радиотелескопы* позволяют осуществлять прием космического радиоизлучения днем и ночью и даже в пасмурные дни, поскольку радиоволны могут проходить через облачный покров Земли.

Изучение всех видов радиоизлучения позволяет исследовать физические процессы, происходящие в звездах, туманностях, галактиках; исследовать структуру небесных объектов, в частности изучать распределение межзвездного газа в нашей Галактике, *реликтовое излучение* и т. д. Этим и занимается радиоастрономия.

Исследованием ближайших небесных тел путем их радиооблучения и приема отраженного радиосигнала (принцип радиолокации) занимается *радиолокационная астрономия*.

РАДИОГАЛАКТИКИ

В 1931 г. американский радиоинженер Карл Янский принял радиосигналы протяженной области на небе, совпадающей с *Млечным Путем*. Так было открыто радиоизлучение нашей *Галактики*. В 1946 г. астрономы обнаружили первый отдельный радиоисточник в созвездии Лебедя, а через 2 года — в созвездиях Девы и Центавра. Позднее выяснилось, что на фотографиях, полученных на пятиметровом американском рефлекторе, эти радиоисточники совпадают с гигантскими эллиптическими галактиками. Даже самая близкая из них, расположенная в созвездии Центавра, отстоит от нас почти на 20 млн. световых лет. Так на радиокарте неба появились первые радиогалактики. Они характеризуются очень мощным радиоизлучением — свыше 10^{35} Вт. Это в тысячи раз больше, чем мощность радиоизлучения от обычных *галактик*, и в тысячи раз меньше,

Фотография радиогалактики Центавр А.





Радиоизлучающие области у радиогалактик имеют вид вытянутых лепестков.



чем от некоторых *квазаров*. К настоящему времени в каталоги занесены десятки тысяч радиоисточников. Правда, из них пока удалось связать с каким-либо оптическим объектом не более 5000. Самые мощные радиогалактики, как правило, находятся в центральных областях богатых скоплений и групп галактик.

Радиоизлучающие области у большинства радиогалактик имеют вид вытянутых лепестков, расположенных по обе стороны от оптической галактики. Хотя поверхностная радиояркость лепестков мала, однако благодаря их гигантским размерам (в десятки раз превышающим размер оптической галактики) именно их радиоизлучение вносит основную долю в полное излучение радиогалактики. Часто в радиогалактиках наблюдаются и гораздо более компактные и яркие радиоисточники, совпадающие с *ядрами галактик*. Иногда они связаны с односторонними выбросами из ядер, тянущимися на десятки и даже сотни кпс.

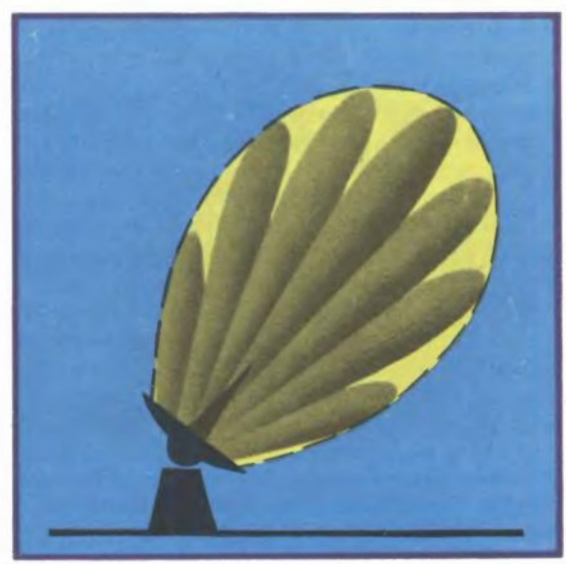
Какова природа радиогалактик? Почему одни галактики являются сильными радиоисточниками, а другие — очень слабыми? Есть ли связь между яркими радиоисточниками в ядрах и протяженными радиолепестками? На эти вопросы пока окончательных ответов нет. Однако общие черты этого грандиозного явления природы уже вырисовываются.

В ядрах некоторых массивных галактик выделяется колоссальное количество энергии: до 10^{62} эрг за миллиард лет. Огромное количество заряженных частиц почти со скоростью света двумя узкими пучками разлетается от ядра в противоположных направлениях. Направление разлета частиц, по-видимому, совпадает с осью вращения и близко к оси магнитного диполя ядра. Эти быстрые частицы, особенно электроны и позитроны, навиваясь на силовые линии магнитного поля, излучают кванты. Это так называемое синхротронное излучение впервые было обнаружено в ускорителях. Там, где частицы еще не потеряли своей скорости и где магнитные поля сильны (примерно $10^{-1} \div 10^{-2}$ гаусс), могут излучаться оптические и даже рентгеновские кванты. Но по мере того как частицы покидают ядро, они переходят в области более слабых полей и энергия излучаемых квантов уменьшается. В протяженных радиолепестках магнитные поля очень слабые и частицы, излучающие в радиодиапазоне, могут существовать миллиарды лет. Поэтому области радиолепестков служат, по всей вероятности, своеобразными ловушками для частиц, ускоряемых в ядре галактики. Такова, быть может, общая схема. В ней еще много неясного. Но главная трудность состоит в том, что ученые пока не выяснили природы процессов, происходящих в активных ядрах, наблюдаемых у некоторых галактик.

РАДИОИНТЕРФЕРОМЕТР

Радиоинтерферометр представляет собой *радиотелескоп*, состоящий из двух различных антенн, электрически связанных в единую систему. Радиосигналы с двух антенн подаются на общее приемное устройство.

Диаграмма направленности интерферометра представляет собой серию лепестков.



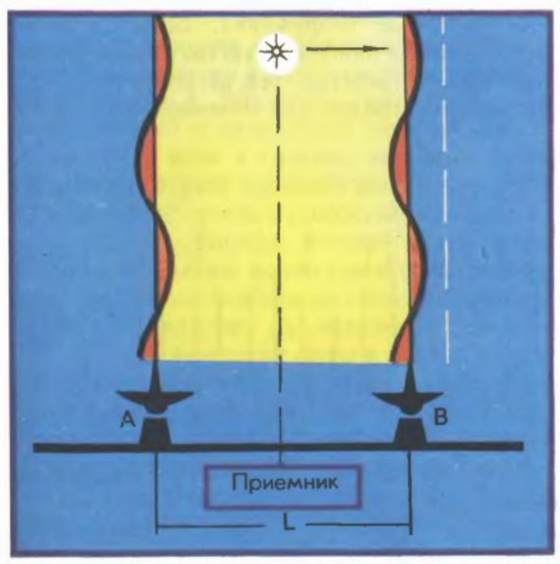
Если направление на источник космического радиоизлучения перпендикулярно базе интерферометра, т. е. прямой, соединяющей обе антенны, то сигналы от двух антенн имеют одну и ту же фазу и регистрируется усиленный сигнал. Через некоторое время вследствие вращения Земли источник изменит положение относительно базы, тогда радиоволны от источника будут приходить на антенны с разной фазой: путь движения радиоволны до антенны *A* больше на отрезок *AC*, и величина результирующего сигнала уменьшится. Если отрезок *AC* равен половине длины (или нечетному числу половин длин волн радиоизлучения), то радиоволны приходят в противоположной фазе и сигналы от антенн *A* и *B* полностью погасят друг друга. Таким образом, при движении источника мощность принимаемого сигнала будет плавно изменяться, увеличиваясь и уменьшаясь, т. е. диаграмма направленности радиоинтерферометра представляет собой серию лепестков. Угловые размеры лепестков определяются отношением длины волны принимаемого радиоизлучения к длине базы *L*. Так что разрешающая способность радиоинтерферометра, зависящая от угловых размеров лепестков, тем выше, чем дальше друг от друга установлены антенны.

Изучая строение и размеры далеких космических радиоисточников, например *квазаров,* необходимо иметь инструменты с разрешающей способностью лучше одной угловой секунды.

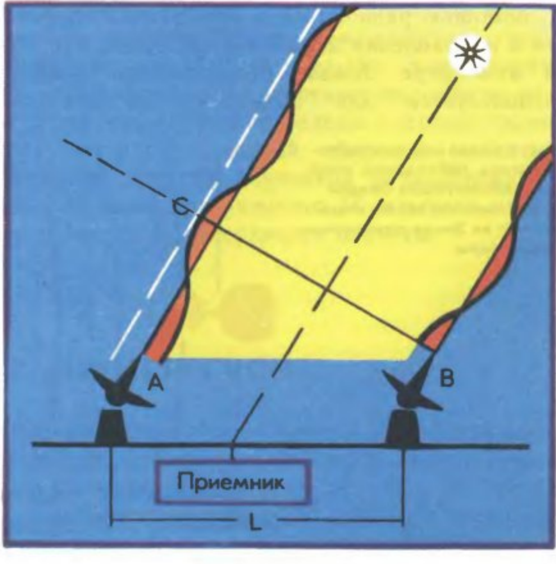
Чтобы достичь такой разрешающей способности, база радиоинтерферометра должна быть не менее 200 км. Это расстояние слишком велико, чтобы использовать проводную электрическую линию для связи антенн с одним и тем же приемным устройством. Для того чтобы преодолеть это затруднение, используют радиоинтерферометр со сверхдлинными базами.

Такой радиоинтерферометр принимает радиосигналы от космического источника на каждой антенне независимо, но точно в один и тот же момент времени. Каждый сигнал записывается, например, на ленту магнитофона. Затем две записи сигнала совмещаются в центре обработки, и результирующий сигнал по-

Направление на источник космического излучения (условная звездочка) перпендикулярно базе интерферометра. Сигналы от двух антенн имеют одну и ту же фазу.



Источник изменил положение относительно базы интерферометра. Радиоволны от источника имеют разные фазы.



лучается таким же, каким он был бы получен с помощью интерферометра, антенны которого соединены непосредственно электрической проводной линией.

Такой метод позволяет осуществлять интерференцию с очень большими базами. Так, при совместных советско-американских исследованиях была использована межконтинентальная база между радиотелескопами, один из которых был установлен в СССР, а другой — в США. Длина базы при этом в 300 000 000 раз превышала длину волны принимаемого радиоизлучения. Это позволило изучать далекие космические источники с огромным угловым разрешением — около 0,0004″.

Возможно создание космических радиоинтерферометров, в которых одна антенна устанавливается на Земле, а другая — на *орбитальной станции* или на *Луне*.

РАДИОЛОКАЦИОННАЯ АСТРОНОМИЯ

Радиолокационная астрономия — раздел *астрономии,* основанный на применении методов радиолокации в исследованиях небесных тел. Радиолокационная астрономия — один из самых молодых разделов астрономии. Вместе с тем ее результаты вошли в основы современных знаний о *Солнечной системе.* Методами радиолокации была измерена астрономическая единица с точностью до 10 км. Разгаданы многие тайны планеты *Венера,* скрывавшиеся за ее плотной атмосферой (размеры и структура ее поверхности, вращение). Методом радиолокации определены высотные профили поверхности *Марса,* период вращения *Меркурия,* физические свойства материалов поверхностей планет, уточнены параметры орбит планет. Обнаружены отдельные быстродвижущиеся образования в *солнечной короне.* С помощью радиолокации измеряются скорости и направления движения метеорных частиц в атмосфере *Земли.* Радиолокация планет используется для выведения космических аппаратов к планетам и посадки их на поверхность.

Радиолокационные методы принципиально отличаются от других астрономических методов наблюдения. Если астрономы обычно наблюдают излучения небесных тел, то в радиолокационной астрономии регистрируют сигналы, посылаемые наблюдателем и отраженные этими телами (рис. 1). Выбор зондирующих сигналов и сравнение с ними отраженных эхо-сигналов значительно расширяют возможности наблюдателя, приближают наблюдения к физическому эксперименту. Поэтому радиолокационную астрономию называют активной.

Астрономическое применение радиолокация нашла в конце 40-х гг. XX в. Первыми ее объектами стали метеорные частицы, точнее, их ионизованные следы в атмосфере Земли. Затем стали исследовать *Луну* и *Солнце.* Радиолокация планет началась с 1961 г. с Венеры. Вскоре последовали радиолокационные контакты с Меркурием, Марсом, *Юпитером, Сатурном,* малой планетой Икаром.

Астрономические исследования привели к существенному развитию методов и техники радиолокации. Прежде всего это было вызвано исключительно слабой интенсивностью эхо-сигналов. Она изменяется обратно пропорционально четвертой степени расстояния до объекта. Так, даже наблюдая Луну при значительной площади отражающего участка ее поверхности, приходится иметь дело с сигналом, в десятки тысяч раз более слабым, чем при наблюдениях самолетов, а при наблюдениях Венеры — в миллионы раз более слабым, чем при наблюдениях Луны. Только исключительно быстрые темпы развития радиолокационной техники позволили одному и тому же поколению наблюдателей осуществить радиолокацию и Луны, и Венеры.

Современный планетный радиолокатор — сложная, управляемая ЭВМ радиоэлектронная система, в которой применяются грандиозные антенные сооружения, самые мощные передатчики и наиболее чувствительные радиоприемные устройства. Тем не менее из-за слабости эхо-сигналов для наземных радиолока-

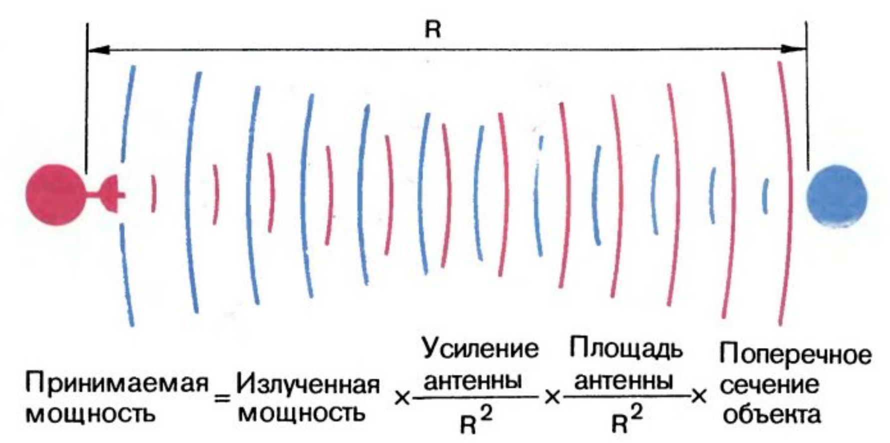


Рис. 1. Схема действия радиолокатора. Наблюдатель посылает зондирующие сигналы на космический объект и принимает на Земле отраженные эхо-сигналы.



Рис. 2. Советский планетный радиотелескоп, с помощью которого были осуществлены первые радиоконтакты с планетами.

ционных наблюдений еще недоступны малые тела Солнечной системы, а также малые детали больших планет. Поэтому кроме наземных стали использоваться также бортовые радиолокаторы *автоматических межпланетных станций,* приближающихся к объектам наблюдения.

Поразительно быстрые успехи наземной радиолокационной астрономии по сравнению с прежними темпами накопления наблюдательных данных о Солнечной системе объясняются прежде всего тем, что радиолокация принесла в астрономию прямые и высокоточные изменения дальности и *лучевой скорости* объектов. Определение дальности основывается на измерении времени распространения сигнала от передатчика до объекта и обратно — так называемое время запаздывания. Умножив его на известную скорость распространения (скорость света), получают длину пути, пройденного сигналом. Ошибки измерений дальности, произведенных таким способом, менее 1 км. Это позволяет решать задачи проверки и уточнения известных законов движения планет и законов общей теории относительности. В частности, был проверен и подтвержден вывод теории тяготения А. Эйнштейна (см. *Теория относительности)* о замедлении скорости электромагнитных волн в сильном поле тяготения (путь радиосигнала проходил вблизи Солнца).

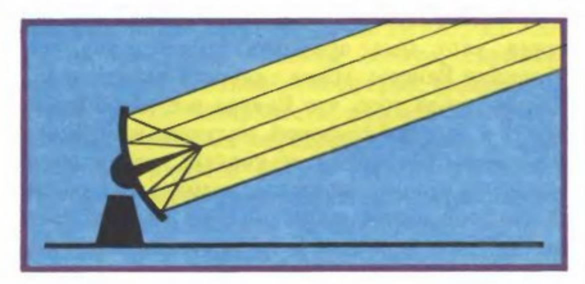
Определение лучевых скоростей основывается на эффекте Доплера, который проявляется в изменении длины волны электромагнитных колебаний в зависимости от скорости приближения или удаления наблюдаемого объекта. Сигналы, отраженные от Луны и планет, имеют вследствие эффекта Доплера расширение спектра волн, вызванное тем, что отдельные элементарные участки отражающей поверхности из-за вращения объекта имеют различные лучевые скорости и направления осей вращения планет.

Зарегистрированный на магнитную пленку эхо-сигнал можно разложить затем на элементарные сигналы, различающиеся как по времени запаздывания, так и по доплеровскому сдвигу волны. Энергия каждого элементарного сигнала поступает от пары симметричных относительно экватора участков отражающей поверхности. Вклад от одного из них исключается с помощью диаграммы направленности приемной антенной системы. Так строятся отражательные радиокарты объектов. Карта Луны, построенная таким образом, по своей детальности и четкости не уступает лучшим фотографиям Луны. Этот способ составления карт был применен и для закрытой облаками Венеры. Из-за слабости эхо-сигнала, а также из-за того, что Венера всегда обращена к Земле одной стороной, получено изображение лишь небольшого ее участка, на котором можно различить кратеры размером в сотни километров. Более мелкие детали (в несколько километров) можно различить на радиокартах, полученных с помощью радиолокаторов бокового обзора, которые были установлены на советских автоматических межпланетных станциях «Венера-15», «Венера-16». Эти станции были выведены на эллиптические орбиты искусственных спутников Венеры с перицентрами над северной полярной областью планеты. С борта этих же спутников радиолокационным методом (с точностью 50 м) были измерены профили поверхности планеты.

РАДИОТЕЛЕСКОП

Радиотелескоп — астрономический инструмент, предназначенный для исследования небесных тел в диапазоне радиоволн. Для исследования небесных светил в диапазоне видимого

Советский радиотелескоп РАТАН-600.


Схема действия радиотелескопа.

света (см. *Электромагнитное излучение небесных тел*) служат *телескопы.*

Современный радиотелескоп — это целый комплекс механизмов и приборов. Антенна является наиболее важной его частью.

В качестве антенн часто используются металлические параболические зеркала, которые, подобно оптическим зеркалам, могут собирать и фокусировать радиоволны. Если ось зеркала точно навести на небольшой по размерам источник радиоизлучения, то величина принятого радиосигнала будет наибольшей. При смещении оси зеркала от направления на источник радиосигнал сразу не исчезает, а сначала уменьшится и лишь затем перестанет приниматься антенной. Чем у́же угол, в пределах которого антенна принимает радиосигнал, или, как говорят астрономы, чем у́же диаграмма направленности антенны, тем точнее мож-


Американский радиотелескоп, установленный в кратере потухшего вулкана в Пуэрто-Рико.



Радиотелескоп с подвижной антенной, установленный на Крымской астрофизической обсерватории.

но определить положение космического радиоисточника на небе и тем выше разрешающая способность антенны, т. е. способность ее разделить излучение двух близко расположенных источников.

Разрешающая способность антенны определяется отношением длины волны принимаемого радиоизлучения к геометрическим размерам антенны. Таким образом, чем больше размеры антенны, тем лучше ее разрешающая способность. Кроме того, бóльшие по размерам антенны собирают больше энергии и позволяют регистрировать более слабые источники радиоизлучения.

В радиоастрономии используют очень большие подвижные зеркала-антенны, до 100 м диаметром. Их можно навести на любую точку неба.

Однако строить большие по размерам зеркала очень трудно, а разрешение, которое дают даже 100-метровые зеркала, бывает недостаточным. Еще бóльшими по размерам могут быть неподвижные зеркала. Но с их помощью можно наблюдать лишь узкую полоску неба, проходящую перед телескопом при видимом суточном вращении неба.

Большие возможности для реализации сверхвысокой разрешающей способности дают составные антенные системы. Они состоят из множества отдельных антенных элементов, которые можно наводить на разные участки неба (см. *Радиоинтерферометр*).

Другой важной частью радиотелескопов являются радиоприемные устройства — необычайно чувствительные и стабильные в работе приборы.

Крупнейшие в СССР радиотелескопы с подвижной антенной-зеркалом диаметром 22 м, работающие в миллиметровом диапазоне радиоволн, установлены на *Крымской астрофизической обсерватории* и на радиоастрономической станции Физического института АН СССР в Пущино Московской области.

В начале 70-х гг. XX в. был сооружен 300-метровый неподвижный радиотелескоп. Его установили в кратере потухшего вулкана в Пуэрто-Рико.

Очень своеобразен крупный радиотелескоп, состоящий из подвижных элементов-щитов, расположенных по окружности диаметром 600 м, установленный в 1976 г. в СССР на *Специальной астрофизической обсерватории АН СССР*. Этот радиотелескоп получил название РАТАН-600.

Один из крупнейших в мире полноповоротных радиотелескопов, работающих в сантиметровом диапазоне радиоволн, установлен в Крыму, вблизи Евпатории.

РАСШИРЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ

Анализируя результаты наблюдений *галактик* и *реликтового излучения,* астрономы пришли к выводу, что распределение вещества во *Вселенной* (область исследуемого пространства превышала 100 Мпс в поперечнике) является однородным и изотропным, т. е. не зависит от положения и направления в пространстве (см. *Космология*). А такие свойства пространства, согласно *теории относительности,* неизбежно влекут за собой изменение со временем расстояний между телами, заполняющими Вселенную, т. е. Вселенная должна расширяться или сжиматься, причем наблюдения указывают на расширение.

Расширение Вселенной существенно отличается от обычного расширения вещества, например от расширения газа в цилиндре. Газ, расширяясь, изменяет положение поршня в цилиндре, но цилиндр при этом остается неизменным. Во Вселенной же происходит расширение всего пространства как целого. Поэтому вопрос, в какую сторону происходит расширение, во Вселенной теряет смысл. Такое расширение имеет место в очень больших масштабах. В пределах же звездных систем, галактик, скоплений и сверхскоплений галактик расширения не происходит. Такие гравитационно связанные системы обособлены от общего расширения Вселенной.

Вывод о том, что Вселенная расширяется, подтверждают наблюдения красного смещения в спектрах галактик.

Пусть из некоторой точки пространства в два момента отправляются световые сигналы, которые наблюдаются в другой точке пространства.

Вследствие изменения масштаба Вселенной, т. е. увеличения расстояния между точками испускания и наблюдения света, второй сигнал должен пройти большее расстояние, чем первый. А поскольку скорость света постоянна, второй сигнал запаздывает; интервал между сигналами в точке наблюдений будет больше, чем в точке их отправления. Запаздывание тем значительнее, чем больше расстояние между источником и наблюдателем. Естественным эталоном частоты является частота излучения при электромагнитных переходах в атомах. Вследствие описанного эффекта расширения Вселенной происходит уменьшение этой частоты. Таким образом, при наблюдении спектра излучения какой-нибудь далекой галактики все его линии должны оказаться смещенными в красную сторону по сравнению с лабораторными спектрами. Это явление красного смещения представляет собой эффект Доплера (см. *Лучевая скорость*) от взаимного «разбегания» галактик и наблюдается в действительности.

Величина красного смещения измеряется отношением измененной частоты излучения к первоначальной. Изменение частоты тем больше, чем больше расстояние до наблюдаемой галактики.

Таким образом, измеряя по спектрам красное смещение, оказывается возможным определить скорости v галактик, с которыми они удаляются от наблюдателя. Указанные скорости связаны с расстояниями r до наблюдателя законом Хаббла $v=Hr$; величина H называется постоянной Хаббла.

Точное определение величины H сопряжено с большими трудностями. На основе многолетних наблюдений в настоящее время принята величина $H \approx (0{,}5 \div 1) \cdot 10^{-10}$ год$^{-1}$.

Это значение H соответствует увеличению скорости разбегания галактик, равному приблизительно 50—100 км/с на каждый мегапарсек расстояния.

Закон Хаббла позволяет оценивать расстояния до галактик, удаленных на огромные расстояния, по измеренному в их спектрах красному смещению линий.

Закон разбегания галактик выведен на основе наблюдений с Земли (или, можно сказать, из нашей *Галактики*), и, таким образом, он описывает удаление галактик от Земли (нашей Галактики). Однако из этого нельзя делать вывод, что именно Земля (наша Галактика) находится в центре расширения Вселенной. Несложные геометрические построения убеждают нас, что закон Хаббла справедлив для наблюдателя, находящегося в любой из галактик, участвующих в разбегании.

Закон расширения Хаббла указывает на то, что когда-то вещество во Вселенной находилось в условиях очень больших плотностей. Время, отделяющее нас от этого состояния, можно условно назвать возрастом Вселенной. Оно определяется величиной

$$t_{\text{В}} \sim \frac{1}{H} \approx (10 \div 20) \cdot 10^9 \text{ лет.}$$

Поскольку скорость света конечна, конечному возрасту Вселенной соответствует и конечная область Вселенной, которую мы можем наблюдать в настоящее время. При этом наиболее удаленные наблюдаемые части Вселенной соответствуют наиболее ранним моментам ее эволюции. В эти моменты во Вселенной могли рождаться и взаимодействовать многообразные элементарные частицы. Анализируя процессы, происходившие при участии таких частиц в первую секунду расширения Вселенной, теоретическая космология находит на основе теории элементарных частиц ответы на вопросы, почему во Вселенной нет антивещества и даже почему расширяется Вселенная.

Многие предсказания теории о физических процессах элементарных частиц относятся к области энергии, недостижимой в современных

земных лабораторных условиях, например на ускорителях. Однако в период до первой секунды расширения Вселенной частицы с такой энергией должны были существовать. Поэтому физики рассматривают расширяющуюся Вселенную как естественную лабораторию элементарных частиц.

В этой лаборатории можно осуществлять «мысленные эксперименты», анализировать, как существование той или иной частицы повлияло бы на физические процессы во Вселенной, как то или иное предсказание теории проявилось бы в астрономических наблюдениях.

Теорию элементарных частиц привлекают к объяснению «скрытой массы» Вселенной. Чтобы объяснить, как образовались галактики, как они движутся в скоплениях галактик и многие другие особенности распределения видимого вещества, оказывается необходимым предположить, что более 80% массы Вселенной скрыто в форме невидимых слабовзаимодействующих частиц. В этой связи в космологии широко обсуждаются нейтрино с ненулевой массой покоя, а также новые гипотетические частицы.

РЕЛИКТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

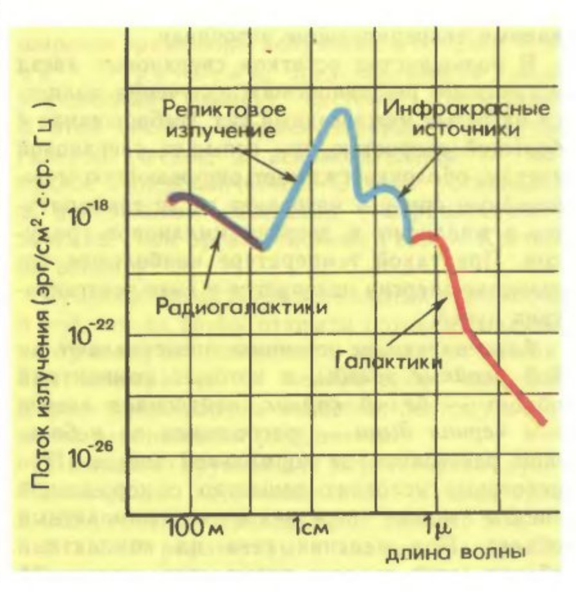
Реликтовое излучение, пронизывающее всю наблюдаемую часть *Вселенной,* — электромагнитное излучение с тепловым спектром, соответствующим температуре 3 К. Это излучение представляет собой остаток — реликт (отсюда и происхождение названия) той эпохи в истории расширяющейся Вселенной, когда все вещество находилось в виде горячей плотной плазмы. Плазма была непрозрачная для излучения. Излучение находилось тогда в равновесии с горячим веществом и имело очень высокую температуру. В ходе последующего *расширения Вселенной* это излучение остыло до сегодняшней температуры в 3 К.

Существование реликтового излучения было предсказано теоретически в 40-х гг. XX в. Оно было открыто американскими учеными в 1965 г. с помощью *радиотелескопа.*

В настоящее время спектр реликтового излучения измерен в широком диапазоне длин волн — от долей миллиметра до 50 см. В области от 50 см до нескольких миллиметров измерения проводятся с помощью радиотелескопов. Для более коротких волн атмосфера *Земли* непрозрачна, и измерения проводятся приборами, поднимаемыми на баллонах и ракетах или установленными на космических аппаратах, а также изучаются возбуждения этим излучением молекул межзвездного газа.

Детальные наблюдения реликтового излучения важны потому, что ожидаемые небольшие

Спектр реликтового излучения и излучения некоторых космических объектов.



отклонения в его интенсивности на небе от строго равномерного, а также небольшие отклонения спектра от строго равновесного несут важную информацию об астрофизических процессах как в далеком прошлом, так и в современной Вселенной. Наблюдения реликтового излучения, в частности, показали, что Солнечная система движется относительно фона реликтового излучения со скоростью 400 км/с. На рисунке показан спектр реликтового излучения и спектр излучения от отдельных источников во Вселенной.

РЕНТГЕНОВСКАЯ АСТРОНОМИЯ

Рентгеновская астрономия — раздел астрономии, исследующий источники космического рентгеновского излучения с длиной волны от 0,01 нм до 10 нм (см. *Электромагнитное излучение небесных тел).*

Для проведения астрономических наблюдений в этой области длин волн аппаратура поднимается за пределы земной атмосферы с помощью ракет или *искусственных спутников* Земли.

К настоящему времени зарегистрировано рентгеновское излучение *Солнца,* звезд и других небесных тел, расположенных вне *Солнечной системы.*

Рентгеновское излучение Солнца образуется в хромосфере и короне — слоях атмосферы Солнца, нагретых до температуры от десятков тысяч до миллионов градусов. Мощность солнечного рентгеновского излучения зависит от активности Солнца (см. *Солнечная активность)* и сильно меняется со временем.

Мощные рентгеновские источники в нашей Галактике образуют главным образом два класса: остатки *сверхновых звезд* и так называемые аккрецирующие источники.

В большинстве остатков сверхновых звезд источником рентгеновского излучения является нагретый межзвездный газ. Выброшенная с большой скоростью при вспышке сверхновой звезды, оболочка сжимает окружающую межзвездную среду и нагревает ее до температуры в миллионы и десятки миллионов градусов. При такой температуре наибольшее количество энергии излучается в виде рентгеновских лучей.

Аккрецирующие источники представляют собой *двойные звезды,* в которых компактный объект — *белый карлик, нейтронная звезда* или *черная дыра* — расположен на небольшом расстоянии от нормальной звезды. При некоторых условиях вещество с нормальной звезды может перетекать на компактный объект. При падении газа на компактный объект (этот процесс называется аккрецией) выделяется большое количество энергии, газ нагревается до высокой температуры и происходит интенсивное излучение в рентгеновском диапазоне длин волн.

Излучение аккрецирующих источников отличается сильной переменностью. По характеру переменности среди них выделяют рентгеновские пульсары, вспыхивающие рентгеновские источники и рентгеновские новые.

В рентгеновских пульсарах компактный объект представляет собой вращающуюся нейтронную звезду с сильным магнитным полем. Вращение нейтронной звезды приводит к тому, что рентгеновское излучение приходит к нам в виде отдельных, периодически повторяющихся с небольшими интервалами импульсов.

Вспыхивающими рентгеновскими источниками называются источники всплесков рентгеновского излучения продолжительностью от нескольких секунд до нескольких минут. У некоторых из них всплески повторяются, однако строгой периодичности не обнаружено.

Рентгеновские новые за несколько дней резко увеличивают свою *светимость* и в течение нескольких недель или месяцев являются очень яркими в рентгеновских лучах объектами, после чего постепенно ослабевают. Некоторые рентгеновские новые одновременно являются и рентгеновскими пульсарами.

Из объектов, расположенных вне нашей Галактики, рентгеновское излучение обнаружено у ряда *галактик* и у скоплений галактик, у *квазаров.* Рентгеновское излучение обычных галактик, таких, как *Магеллановы Облака* и *Туманность Андромеды,* является следствием наличия в них источников, подобных источникам в нашей Галактике. Кроме того, у некоторых галактик обнаружено рентгеновское излучение, связанное с активностью их ядер. В скоплениях галактик источником рентгеновского излучения является разреженный межгалактический газ, нагретый до температуры десятков и сотен миллионов градусов.

Наблюдается также фоновое рентгеновское излучение, приходящее, по-видимому, как из межзвездного, так и из межгалактического пространства.

РЕФЛЕКТОРЫ

Рефлекторы — *телескопы* с зеркальным объективом, образующим изображение путем отражения света от зеркальной поверхности. Рефлекторы используются в основном для фотографирования неба, фотоэлектрических и спектральных исследований, реже — для визуальных наблюдений.

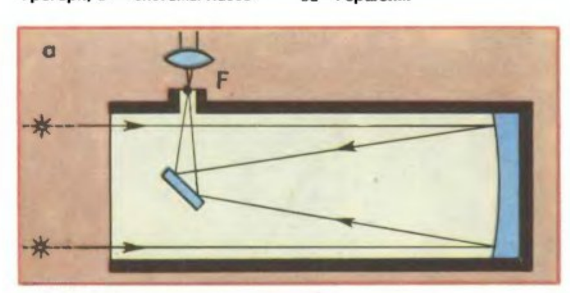
Рефлекторы имеют ряд преимуществ перед *рефракторами* (телескопами с линзовым объективом): в них отсутствует хроматическая аберрация (окрашенность изображений небесного объекта); главное зеркало может быть сделано бóльших размеров, чем линзовый объектив. Если зеркало имеет не сферическую, а параболическую форму, то можно практически свести к нулю и сферическую аберрацию (размытость краев или середины изображения, см. *Объектив*). Изготовление зеркал легче и дешевле, чем линзовых объективов, что дало возможность увеличить диаметр объектива, а значит, и светосилу (относительное отверстие объективов большое — до 1:3), и разрешающую способность телескопа.

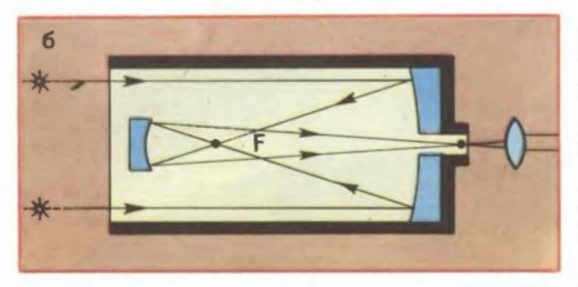
В рефлекторах большое зеркало называют главным зеркалом. В фокальной плоскости главного зеркала могут быть помещены фотопластинки для фотографирования небесных объектов (система первичного, или прямого, фокуса).

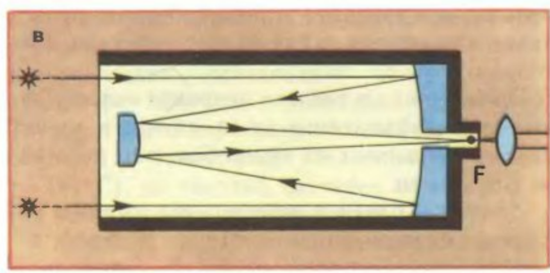
Основные системы рефлекторов представлены на рисунке. В системе Ньютона (рис., *а*) объектив представляет собой вогнутое параболическое зеркало, от которого отраженные лучи небольшим плоским зеркалом или призмой полного внутреннего отражения направляются в окуляр, находящийся сбоку от трубы.

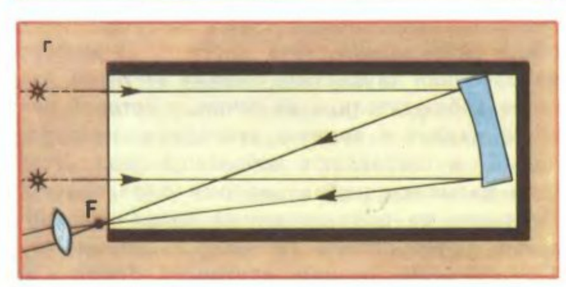
В системе Грегори (рис., *б*) лучи от главного вогнутого параболического зеркала направляются на небольшое вогнутое эллиптическое зеркало, которое отражает их в окуляр, помещенный в центральном отверстии главного зеркала. Поскольку эллиптическое зеркало расположено за фокусом главного зеркала телескопа, изображение в рефлекторе Грегори прямое, тогда как в системе Ньютона — перевернутое. Наличие вторичного зеркала удлиня-

Схемы рефлекторов: а — системы Ньютона; б — системы Грегори; в — системы Кассегрена; г — системы Ломоносова—Гершеля.









ет фокусное расстояние и тем самым дает возможность применять большие увеличения.

В системе Кассегрена (рис., *в*) вторичное зеркало — гиперболическое; оно установлено перед фокусом главного зеркала и позволяет сделать трубу рефлектора более короткой. Главное зеркало системы Кассегрена — параболическое, оно свободно от сферической аберрации, но имеет ко́му (изображение точки принимает вид несимметричного пятна рассеяния, см. *Объектив);* это ограничивает поле зрения рефлектора, которое составляет несколько минут дуги при относительном отверстии 1:3÷1:5.

В системе Ломоносова — Гершеля, в отличие от рефлектора Ньютона, главное зеркало наклонено таким образом, что изображение фокусируется вблизи входного отверстия телескопа, где и помещается окуляр (рис., *г*). Эта система позволила исключить промежуточные зеркала и потери света в них.

В последнее время в зеркальных телескопах широкое применение получила система Ричи — Кретьена, представляющая собой улучшенный вариант системы Кассегрена. В этой системе главное зеркало— вогнутое гиперболическое, а вспомогательное — выпуклое гиперболическое. Окуляр установлен в центральном отверстии гиперболического зеркала. Поле зрения системы Ричи — Кретьена около 4°.

Основной недостаток зеркальных телескопов в том, что их трубы открыты потокам воздуха, которые портят поверхность зеркал; от колебаний температуры и механических нагрузок форма зеркал слегка меняется, поэтому видимость изображения ухудшается.

У одного из крупнейших рефлекторов Маунт-Паломарской астрономической обсерватории в США главное зеркало имеет диаметр 5 м.

В СССР рефлекторы с диаметром зеркала 2,6 м работают на *Крымской* и *Бюраканской астрофизической обсерваториях.* Крупнейший в мире 6-метровый рефлектор установлен на *Специальной астрофизической обсерватории* на Северном Кавказе.

РЕФРАКТОРЫ

Рефракторы — это телескопы, имеющие линзовый объектив, который образует изображение наблюдаемых объектов посредством преломления лучей света. Рефракторы используются для визуальных, фотографических, реже спектральных и других наблюдений.

Рефракторы обычно построены по системе Кеплера (см. *Телескопы*). Угловое зрение этих телескопов мало, не превосходит 2°. Объектив, как правило, двухлинзовый (см. *Объектив*). Из-за трудностей изготовления крупных однородных блоков оптического стекла диаметр этих объектов не велик.

Линзы в объективах небольших рефракторов обычно склеивают; это способствует уменьшению бликов и потерь света. Уменьшают их также путем специальной обработки поверхностей линз, в результате чего на стекле образуется тонкая прозрачная пленка, значительно уменьшающая потери света вследствие отражения. Такая обработка называется просветлением оптики.

Крупнейший в мире рефрактор Йерксской астрономической обсерватории в США имеет объектив диаметром 1,02 м; относительное отверстие мало — 1:14÷1:20.

В СССР крупнейший рефрактор с диаметром объектива 0,65 м установлен на *Пулковской обсерватории.*

РЕФРАКЦИЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ

Рефракция астрономическая — явление преломления световых лучей от небесных светил при прохождении через атмосферу. Поскольку плотность планетных атмосфер всегда убывает с высотой, преломление света происходит таким образом, что своей выпуклостью искривленный луч во всех случаях обращен в сторону зенита. В связи с этим рефракция всегда «приподнимает» изображения небесных светил над их истинным положением (см. рис.).

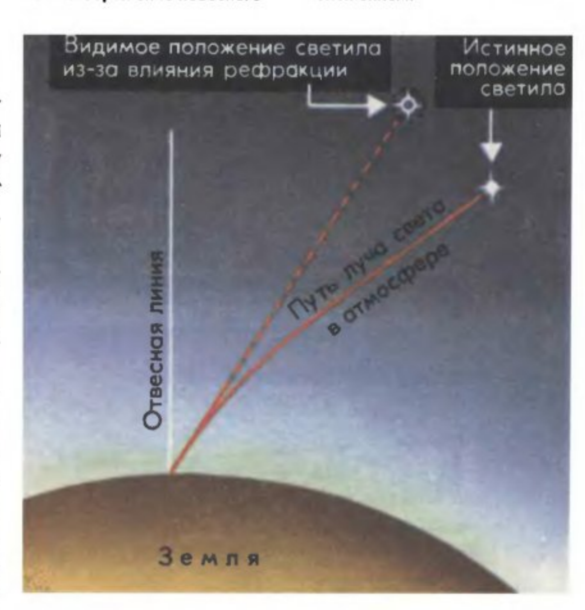
Величина рефракции, т. е. угол между истинным и видимым положениями светила на небосклоне, связана с длиной пробега луча в атмосфере и углом наклона луча к атмосферным слоям равной плотности. Рефракция равна нулю в зените и возрастает по мере удаления от зенита с приближением к *горизонту*. Для наблюдений с поверхности Земли величина рефракции r выражается приближенной формулой $r = 57'' \cdot \mathrm{tg}z$, где z — видимое зенитное расстояние светила (см. *Небесные координаты*). Эта формула остается справедливой лишь для $z < 70°$. Ближе к горизонту рефракция характеризуется величинами, приведенными в таблице.

z	r	z	r
0	0	50°	1′09″
5°	5″	55°	1′23″
10°	10″	60°	1′41″
15°	16″	65°	2′04″
20°	21″	70°	2′39″
25°	27″	75°	3′34″
30°	34″	80°	5′19″
35°	41″	85°	9′52″
40°	49″	90°	35′24″

Величина рефракции в данный момент времени для данного пункта наблюдений меняется в зависимости от температуры, давления, влажности и других метеорологических факторов. При выполнении высокоточных астрономических измерений (см. *Астрометрия*) рефракция учитывается путем введения в результаты измерений соответствующих поправок.

Рефракция вызывает на Земле ряд оптико-атмосферных эффектов: увеличение *долготы дня* вследствие того, что солнечный диск из-за рефракции поднимается над горизонтом на несколько минут раньше момента, в который Солнце должно было бы взойти на основании геометрических соображений; сплюснутость видимых дисков Луны и Солнца близ горизонта из-за того, что нижний край дисков поднимается рефракцией выше, чем верхний; мерцание звезд и др. Вследствие различия величины рефракции у световых лучей с разной длиной волны (синие и фиолетовые лучи отклоняются

Рефракция всегда приподнимает изображение небесного светила над его истинным положением.



больше, чем красные) вблизи горизонта происходит кажущееся окрашивание небесных светил.

Приведенные в таблице поправки используются при наблюдениях звезд, планет и других светил, удаленных на очень большие расстояния от Земли.

Для более близких небесных тел, которые находятся, скажем, ближе Луны, влияние рефракции несколько отлично от величин, приведенных в таблице. Связано это с тем, что вследствие искривления луча света в атмосфере направления на близкие светила из точки, где стоит наблюдатель, и из точки, в которой луч света входит в земную атмосферу, непараллельны и составляют небольшой угол. Этот угол называют рефракционным параллаксом. Поправка на рефракционный параллакс вносится в результаты наблюдений Луны (до 1,2″) и искусственных спутников Земли (до нескольких десятков минут).

С

САТУРН

Планета Сатурн — вторая по величине среди планет *Солнечной системы.* Его экваториальный диаметр лишь немного меньше, чем у *Юпитера,* но по массе Сатурн уступает Юпитеру более чем втрое и имеет очень низкую среднюю плотность — всего 0,70 г/см^3. Низкая плотность объясняется тем, что планеты-гиганты состоят главным образом из водорода и гелия. При этом в недрах Сатурна давление не достигает столь высоких значений, как на Юпитере, поэтому плотность вещества там меньше. Спектроскопические исследования обнаружили в атмосфере Сатурна некоторые молекулы. Температура поверхности облаков на Сатурне близка к температуре плавления метана (—184°С), из твердых частичек которого скорее всего состоит облачный слой планеты.

В телескоп видны вытянутые вдоль экватора темные полосы, называемые также поясами, и светлые зоны, но эти детали менее контрастны, чем на Юпитере, и отдельные пятна в них наблюдаются значительно реже.

Сатурн окружен кольцами, которые хорошо видны в телескоп в виде «ушек» по обе стороны диска планеты. Они были замечены еще *Г. Галилеем* в 1610 г. Кольца Сатурна — одно из самых интересных и удивительных образований в Солнечной системе. Плоская система колец опоясывает планету вокруг экватора и нигде не соприкасается с поверхностью.

Плоскость колец практически совпадает с плоскостью экватора Сатурна и имеет постоянный наклон к плоскости орбиты, равный приблизительно 27°. В зависимости от положений планеты на орбите мы видим кольца то с одной, то с другой стороны. Полный цикл изменения их вида завершается в течение 29,5 лет — таков период обращения Сатурна вокруг *Солнца.* Время от времени кольца на короткий срок перестают быть видимыми в телескопы средних размеров. Это происходит либо когда плоскость колец проходит точно через Солнце и боковая поверхность оказывается лишенной яркого освещения, либо когда кольца бывают обращены к наблюдателю «ребром» и выглядят как чрезвычайно тонкая полоска, видимая только в крупнейшие телескопы. Толщина колец, по современным данным, около 1,3 км. Она очень мала по сравнению с их диаметром, который по наружному краю составляет 275 тыс. км.

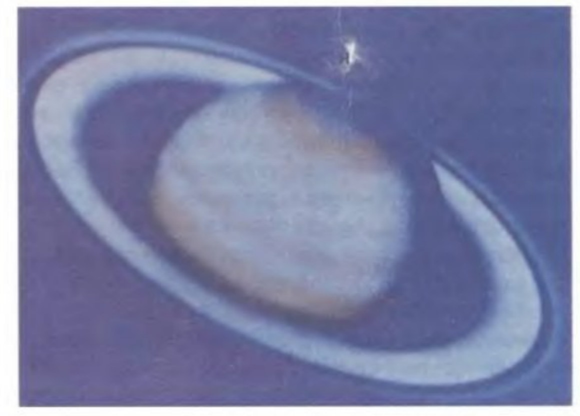
В кольцах выделяются три основные концентрические зоны, разграниченные узкими кольцевыми щелями: внешнее кольцо *A,* среднее *B* (наиболее яркое), внутреннее кольцо *C*, довольно прозрачное, «креповое» (внутренний край его не резкий).

Сквозь все зоны колец Сатурна просвечивают звезды. Кольца вращаются вокруг Сатурна, причем скорость движения внутренних зон больше, чем наружных. Размеры отдельных тел, из которых состоят кольца (или распределение этих тел по размерам), еще не определены окончательно. Радиоастрономические наблюдения свидетельствуют о наличии в кольцах электропроводных частиц длиной не менее нескольких сантиметров. Не исключена возможность присутствия там более крупных тел. Однако оптические свойства этой системы колец обусловлены отражением света главным образом от весьма мелкой светлой пыли, по-видимому, ледяного состава. Инфракрасные спектры колец Сатурна напоминают спектры водяного инея. Однако в других частях спектра были обнаружены особенности, не характерные для чистого льда.

Удивительная тонкая структура колец Сатурна видна на телевизионных снимках, переданных на Землю с американских космических аппаратов «Вояджер-1» и «Вояджер-2», пролетевших вблизи Сатурна в 1980 и 1981 гг. Оказалось, что система колец состоит из нескольких тысяч узких светлых колец различной яркости; некоторые из них имеют очень резкие границы. В зонах *A* и *B* они расположены настолько тесно, что в этом концентрическом хаосе трудно что-либо различить. Однако одно из узких колечек находится на некотором удалении от других, опоясывая зону *A* вдоль ее внешней границы. Оно получило название кольца *F.* На лучших снимках отдельных участков кольца *F,* которые были получены с достаточно близкого расстояния, в нем можно различить три тесно расположенные светлые нити. Самая тонкая из них имеет толщину в десятки километров; местами видны ее пересечения с соседней нитью.

Чтобы объяснить ниточную структуру системы колец Сатурна, было выдвинуто несколько гипотез. Согласно одной из них, каждое из узких колечек заполнено не роем обломков, а ледяным «дымом», который непрерывно выделяется из гипотетических массивных объектов, обладающих свойствами кометного ядра (т. е. кометоподобным химическим составом). Кометоподобные объекты могли появиться на орбитах вокруг планеты как обломки одного из спутников после его разрушения под дей-

Планета Сатурн.



ствием приливных сил. Своевременные данные о спутниках Сатурна позволяют допустить, что в некоторых из них могут содержаться замороженные летучие вещества, такие же, как в ядрах комет.

Кроме колец у Сатурна известно 17 спутников (см. *Спутники планет*).

СВЕРХНОВЫЕ ЗВЕЗДЫ

Сверхновые звезды — самые яркие *звезды* из тех, которые появляются на небе в результате звездных вспышек. Вспышка сверхновой — катастрофическое событие в жизни звезды, так как она уже не может вернуться к исходному состоянию.

Сверхновая звезда «разгорается» примерно в течение десяти дней. Затем блеск ее начинает медленно убывать. В максимуме блеска она светит, как несколько миллиардов звезд, подобных *Солнцу!* Полная энергия, выделяемая при вспышке сверхновой, сопоставима с энергией, которую Солнце излучило за время своего существования, т. е. за 5 млрд. лет. Энергия, выделившаяся при вспышке, расходуется в основном на ускорение вещества звезды: оно разлетается во все стороны с огромными скоростями — от нескольких тысяч до 20 000 км/с. О таких скоростях свидетельствуют спектры, полученные при вспышке. В них обнаруживаются линии поглощения, смещенные из-за эффекта Доплера (см. *Лучевая скорость*) в синюю сторону спектра.

Все сверхновые, изучаемые при помощи крупных телескопов и спектрального анализа, вспыхивали в основном в довольно удаленных *галактиках.* Поэтому свойства сверхновых изучены еще недостаточно хорошо.

Сверхновые звезды вспыхивают и в нашей *Галактике.* Как было установлено в XX в., необычайно яркая новая звезда, вспыхнувшая в 1054 г. в созвездии Тельца, оказалась сверхновой. Остатки вспышек сверхновых звезд наблюдаются сейчас в виде расширяющихся *туманностей* с необычными свойствами (см. *Крабовидная туманность*). Энергия их равна энергии вспышки сверхновой звезды.

Помимо расширяющейся оболочки газа, сброшенной при вспышке, на месте сверхновой остается также быстро вращающаяся *нейтронная звезда,* или *пульсар.* Такая звезда была найдена в центре Крабовидной туманности. В Галактике обнаружено около 300 пульсаров. Поскольку пульсары видны значительно дольше, чем оболочки сверхновых, то не удивительно, что в основном пульсары наблюдаются уже без таких оболочек.

До сих пор окончательно не ясны механизмы вспышек сверхновых. Скорее всего такая звездная катастрофа возможна только в конце «жизненного пути» звезды. Наиболее вероятны следующие источники энергии: энергия термоядерного взрыва; гравитационная энергия, выделяющаяся при катастрофическом сжатии звезды (см. *Гравитационный коллапс*).

Вспышки сверхновых звезд имеют важные последствия для Галактики. Вещество звезды, разлетающееся после вспышки, несет с собой энергию, которая питает энергию движения межзвездного газа (см. *Межзвездная среда*). Это вещество содержит новые химические элементы. Они создаются в звезде в процессе термоядерных превращений легких элементов (водорода и гелия) в более тяжелые. В определенном смысле все живое на Земле обязано своим существованием сверхновым звездам. Без них химический состав вещества галактик был бы весьма беден.

СВЕТИМОСТЬ

Одни звезды кажутся нам более яркими, другие более слабыми. Однако это еще не говорит об истинной мощности излучения звезд, поскольку все они находятся на разных расстояниях. Например, голубой Ригель из созвездия Ориона имеет видимую звездную величину 0,11, а находящийся недалеко на небе ярчайший Сириус имеет видимую звездную величину —1,5. Тем не менее Ригель излучает энергии в видимых лучах в 2200 раз больше, чем Сириус, а кажется слабее только потому, что находится от нас в 90 раз дальше. Таким образом, видимая звездная величина сама по себе не может быть характеристикой звезды, поскольку зависит от расстояния. Истинной характеристикой служит светимость, т. е. полная энергия, которую излучает звезда в единицу времени. Светимость *Солнца* составляет $3{,}8 \cdot 10^{26}$ Вт, и эта величина принимается

обычно за единицу измерения светимости других звезд.

Светимости звезд крайне разнообразны. Так, у одной из звезд-гигантов — *S* Золотой Рыбы — светимость в 500 000 раз больше солнечной, а светимость самых слабых звезд-карликов примерно во столько же раз меньше. Солнце среди остальных звезд является по светимости самой рядовой звездой.

Истинную мощность излучения звезд можно охарактеризовать и другим способом. Представим себе, что мы расположили все звезды рядом и рассматриваем их с одного и того же расстояния. Тогда видимая звездная величина уже не будет зависеть от расстояния и будет определяться только светимостью. В качестве стандартного расстояния условились брать 10 пс (см. *Единицы расстояний*). Видимая звездная величина, которую бы имела звезда на таком расстоянии, называется абсолютной звездной величиной. Расстояние до звезды r, абсолютная звездная величина M и видимая звездная величина m связаны простой формулой:

$$M = m + 5 - 5\ \lg r.$$

Величина $m - M$ называется модулем расстояния. Для примера подсчитаем абсолютную звездную величину для одной из самых ярких и близких к нам звезд — α Центавра. Ее видимая звездная величина —0,1, расстояние до нее 1,33 пс. Подставляя это в формулу, получаем:

$$M = -0{,}1 + 5 - 5\ \lg 1{,}33 = 4{,}3,$$

т. е. абсолютная звездная величина близка к абсолютной звездной величине Солнца, равной 4,8.

Следует еще учитывать поглощение света звезды *межзвездной средой.* Такое поглощение ослабляет блеск звезды и увеличивает видимую звездную величину m. В этом случае:

$$m = M - 5 + 5 \lg r + A(r),$$

где слагаемым $A(r)$ учитывается межзвездное поглощение.

СЕКСТАНТ

Секстант (в морской терминологии — секстан) — навигационный прибор для измерения углов между небесным светилом и видимым горизонтом (см. *Горизонт*) либо между двумя светилами с целью определения местонахождения корабля в море или самолета. С помощью зеркал совмещают два изображения, что дает возможность измерить углы между объектами без значительной потери точности даже в условиях качки на борту корабля или самолета.

Идею устройства секстанта высказал *И. Ньютон* еще в 1699 г., а первые приборы были сконструированы в 30-х гг. XVIII в.

Название этого навигационного прибора связано с тем обстоятельством, что в нем используется шкала, составляющая шестую часть окружности. Оно совпадает с названием старинного угломерного инструмента, в котором использовалась шкала такого же размера.

СЕРЕБРИСТЫЕ ОБЛАКА

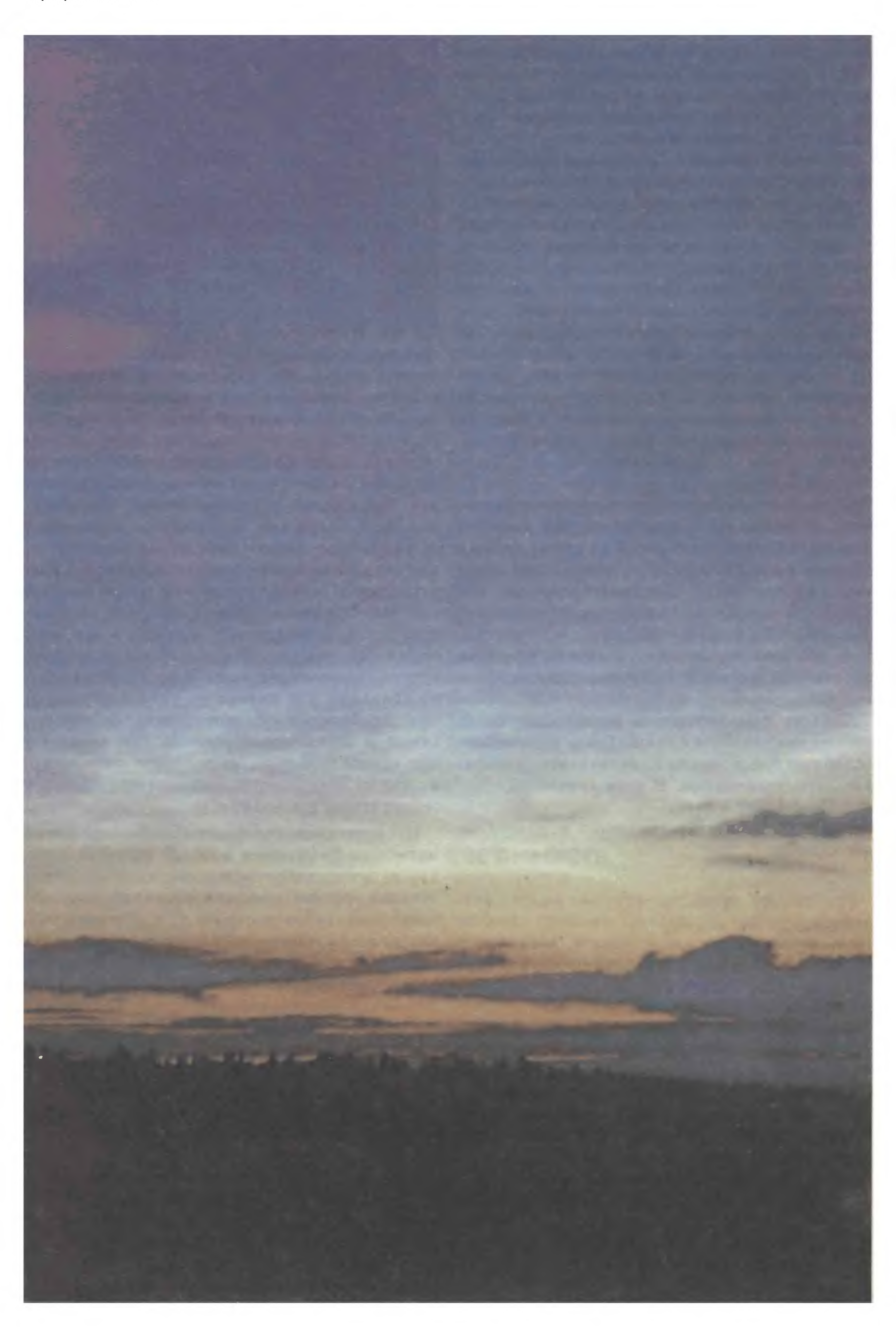
Серебристые облака — красивое и довольно редкое явление природы. Они наблюдаются с мая до августа севернее 50° широты (в Южном полушарии в ноябре — феврале — южнее 50° южной широты). Видны у нас на Севере на фоне сумеречного сегмента и кажутся светлее его. Имеют тонкую структуру в виде волн, гребешков, полос, иногда вихрей и ровного поля — флера. Это самые высокие облака земной атмосферы, которые появляются на высотах 70—90 км. Время существования серебристых облаков — от нескольких минут до нескольких часов. Открыты в июне 1885 г. одновременно рядом ученых, в том числе директором Московской астрономической обсерватории В. К. Цераским и эстонским астрономом Э. Гартвигом. Первоначально их возникновение связывали с извержением вулканов и разрушением в верхних слоях атмосферы метеорных тел. Однако метеорная гипотеза подтвердилась лишь частично: метеорные частицы служат ядрами конденсации, на которых образуются ледяные кристаллы. В последующем было доказано, что именно на уровне образования серебристых облаков создаются необходимые и достаточные условия для конденсации кристаллов льда из водяного пара, потому что на этих высотах наблюдается минимум температуры (до —140°С).

Исследования серебристых облаков систематически проводятся в СССР и других странах с применением новых методов: лазерной локации, фотометрии, спектроскопии, запусков ракет с захватом частиц и т. д. Установлено, что размеры частиц серебристых облаков составляют от 0,1 до 7 мкм. По фотографиям полей серебристых облаков можно проследить их волновую структуру, так как их вид часто напоминает картину морских волн. Отсюда можно сделать вывод, что волны длиной в километры и десятки километров обычное явление в верхней атмосфере Земли.

Облака, напоминающие серебристые, обнаружены также в верхних слоях атмосферы Марса и Венеры.

Увидеть серебристые облака с Земли легче всего во время навигационных сумерек (см. *Сумерки*). В настоящее время серебристые облака систематически изучаются с орбитальных научных станций типа «Салют». Наблюдения советских космонавтов показали, что

Серебристые облака.



тонкий слой серебристых облаков (флер) образуется и в тропических широтах. Наблюдениями серебристых облаков пользуются для получения данных о ветре на высотах их образования.

СИСТЕМЫ МИРА

Системы мира — это представления о расположении в пространстве и движении *Земли, Солнца, Луны, планет, звезд* и других небесных тел.

Уже в глубокой древности сложились первые представления о месте Земли во *Вселенной.* Эти системы мира были крайне наивны: плоская Земля, под которой находится подземный мир, а над ней возвышается небесный свод.

По мере накопления наблюдательных данных о видимых движениях небесных светил, развития науки, в частности геометрии и механики, эти взгляды изменялись. Огромным шагом вперед в развитии астрономических знаний явилось представление о звездном небе как о полной сфере и предположение о шарообразности Земли. Древнегреческие ученые и философы делали серьезные попытки разработать стройные, в основном геоцентрические системы мира с шарообразной Землей в центре конечной Вселенной, которую как бы замыкала сфера неподвижных звезд.

Эти системы исходили из предположения,

НАБЛЮДЕНИЯ СЕРЕБРИСТЫХ ОБЛАКОВ



Основной задачей, которую вы можете перед собой поставить, наблюдая серебристые облака, является патрулирование сумеречного сегмента с целью их обнаружения. Наблюдения проводятся визуально, невооруженным глазом, но бинокль поможет вам раньше заметить появление серебристых облаков. Патрулируя сумеречный сегмент, вы должны внимательно осматривать сектор зори каждые 15 мин (например: в 21 ч 00 мин, 21 ч 15 мин, 21 ч 30 мин и т. д.). При появлении серебристых облаков вы должны оценить их яркость по пятибалльной шкале: 1 — очень слабые серебристые облака, обнаруживаются только при внимательном осмотре сумеречного сегмента; 2 — облака замечаются легко; 3 — облака хорошо заметны, резко выделяются на фоне сегмента; 4 — яркие облака, привлекающие к себе внимание; 5 — исключительно яркие серебристые облака. Одновременно нужно определить их морфологические формы: тип I — флер (облака однородной яркости); тип II — полосы (размытые полосы различной яркости, параллельные друг другу или переплетающиеся между собой под небольшим углом); тип III — гребешки (напоминают рябь на поверхности воды при слабом ветре); тип IV — вихри (завихрения внутри поля или выбросы из него). Оценки яркости и структуры записываются в журнал наблюдений. Отсутствие серебристых облаков также следует отметить в журнале словом «нет». Кроме того, в журнале следует привести описание поля серебристых облаков в свободной форме, отметив особенности в цвете, яркости, структуре, в скорости изменения формы и размеров всего поля облаков, а также отдельных деталей внутри поля.

Для того чтобы получить объективные данные об изменении формы, размеров и положения поля облаков на сегменте, полезно выполнить угломерные измерения, измерив высоту и азимут самой высокой и самой низкой, крайней левой и крайней правой точек поля облаков. Угломерные измерения также проводятся каждые 15 мин.

Для фотографирования серебристых облаков удобно использовать зеркальные камеры «Зенит», «Любитель», но можно воспользоваться и любым другим аппаратом. Фотоаппарат следует установить на жестком штативе и пользоваться спусковым тросиком. Фотографирование целесообразно проводить через 3—5-минутные интервалы. Это позволит проследить по снимкам изменения в поле облаков. Выдержки при фотографировании серебристых облаков определяются экспериментально и лежат в пределах 5—30 с. При более длительных экспозициях изображения получатся размытыми. Фотопленку следует взять наиболее высокой чувствительности и полностью открыть диафрагму фотоаппарата.

Для широты 55° патрулирование сумеречного сегмента нужно начинать в 21 ч местного солнечного времени и заканчивать в 3 ч ночи. С 11 августа сумеречный сегмент можно патрулировать с 20 до 23 ч а затем с 1 до 4 ч ночи.

Необходимо, чтобы с площадки, на которой располагаются наблюдатели, северная часть неба между северо-востоком и северо-западом была закрыта не более чем на 5° над горизонтом.

Более подробные рекомендации по наблюдениям серебристых облаков вы найдете в книге «Серебристые облака и их наблюдение» В. А. Бронштэна (М.: Наука, 1984).

Старинное изображение системы мира по Птолемею.

что вся Вселенная создана для Земли, Земле должен служить весь мир и все небесные светила.

В наиболее четкой форме геоцентрическая система мира была разработана великим ученым древности Аристотелем (IV в. до н. э.). Его представления развил и завершил александрийский астроном *К. Птолемей* (II в. н. э.). Свою систему мира Птолемей изложил в книге «Альмагест».

КЛАВДИЙ ПТОЛЕМЕЙ
(год рожд. неизв. — 168)



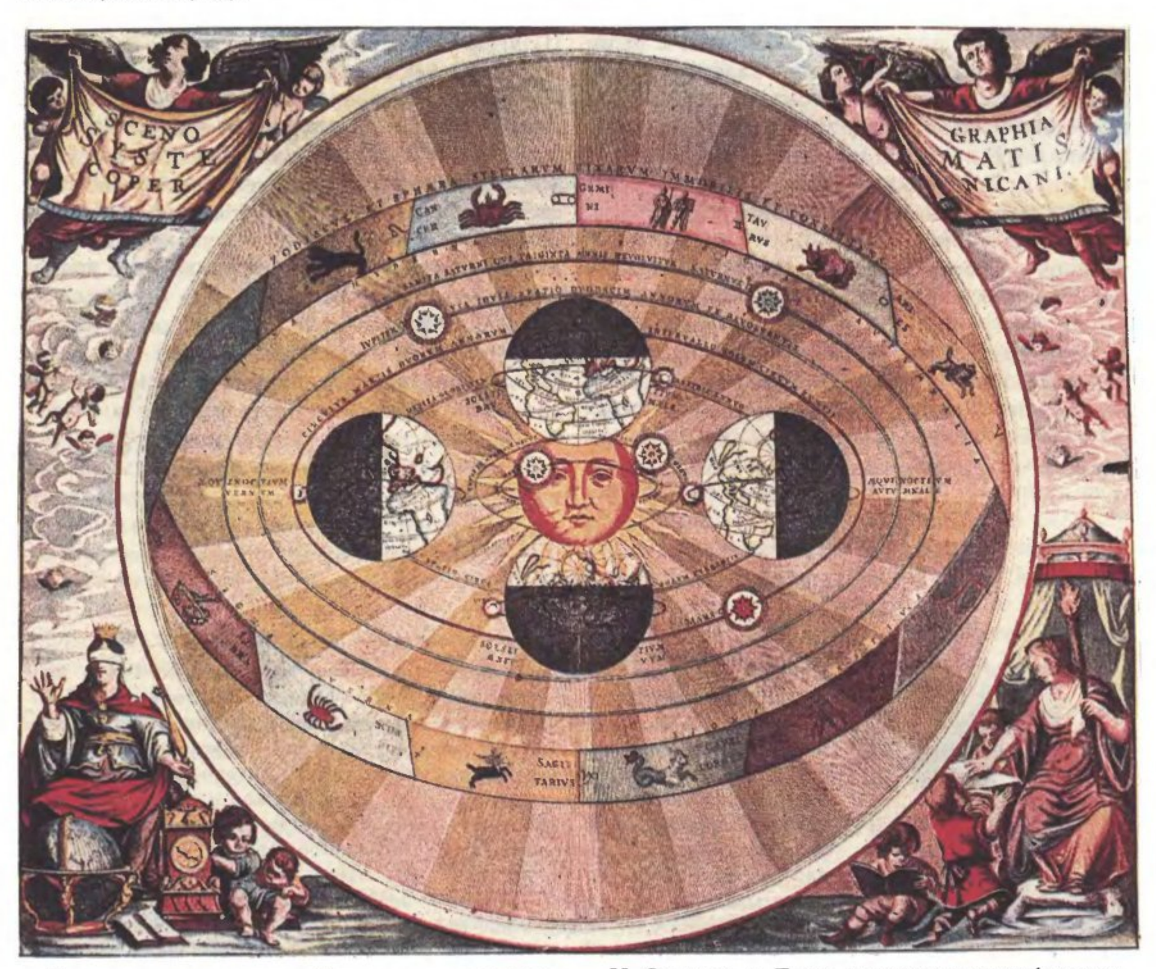
Птолемей — александрийский астроном, математик и географ. Бо́льшую часть жизни провел в Александрии. Птолемей известен в истории астрономии прежде всего как создатель первой математической теории планетных движений — геоцентрической системы мира (по-гречески «гео» — «земля»).

Земля считается в ней неподвижным центром мира. Вокруг Земли, согласно теории Птолемея, движутся (в порядке удаленности от Земли) Луна, Меркурий, Венера, Солнце, Марс, Юпитер, Сатурн, звезды. Сложные движения планет Птолемей объяснял на основе теории эпициклов. Каждая из планет, согласно этой теории, обращается вокруг некоторой точки, которая, в свою очередь, движется по окружности вокруг Земли (впервые математическая модель для описания планетных движений была предложена древнегреческим математиком Аполлонием).

Птолемей составил таблицы, которые позволили с высокой для того времени точностью предвычислять положения планет.

В знаменитом сочинении Птолемея, вошедшем в историю науки под арабским названием «Альмагест», собраны все астрономические знания того времени. «Альмагест» служил основ-

Старинное изображение системы мира по Копернику.



Согласно системе мира Аристотеля, в центре Вселенной расположена Земля, окруженная 8 хрустальными сферами, управляющими движением Луны, *Меркурия, Венеры,* Солнца, *Марса, Юпитера, Сатурна* и звезд.

Птолемей построил математическую модель Солнечной системы, использовав для объяснения движения Луны, Солнца и планет равномерное движение по окружностям — деферентам и эпициклам.

И Солнца, и Луна движутся по деференту.

Но для планет этого было недостаточно. Поэтому Птолемей считал, что по деференту движется не сама планета, а центр другой окружности несколько меньших размеров — эпицикл. По этому эпициклу движется центр следующего по порядку эпицикла и т. д. Планета же обращается по самому последнему эпициклу.

С помощью эпициклов и деферентов удавалось довольно точно описать наблюдаемые

ным руководством по астрономии в древности и в средние века. В нем содержится каталог звезд, трактат по тригонометрии и таблицы хорд, заменявшие в то время тригонометрические таблицы. Птолемею принадлежит также «Руководство по географии» из 8 книг и 5-томный труд по оптике. В этом научном труде Птолемей изложил свою теорию отражения и преломления света, привел составленные им таблицы преломления света при переходе луча из воздуха в воду и стекло и прохождении в земной атмосфере (астрономическая рефракция). В географии Птолемей разработал теорию картографических проекций. Он первым составил почти три десятка карт земной поверхности, вычислив предварительно, на основании сообщений путешественников, координаты 8 тыс. пунктов — от Западной Европы до Индокитая и от нынешней Швеции до Египта. Этот грандиозный труд, несмотря на малую точность, позволяет судить о том, как и в каком объеме представляли древние греки обитаемую часть Земли.

Однако система Птолемея, укрепившая геоцентрическое понимание мира, со временем стала тормозом на пути развития естествознания, пока не была разрушена революционными астрономическими трудами Коперника.

движения планет и предвычислять положения небесных тел на будущее.

Геоцентрические системы мира Аристотеля и Птолемея находились в согласии с религиозным вероучением о центральном месте Земли во Вселенной, и поэтому церковь в течение многих веков препятствовала развитию правильных научных представлений о строении мира. В систему Птолемея вносились небольшие изменения, но основной ее принцип оставался неизменным.

Лишь полторы тысячи лет спустя *Н. Коперник,* живший в эпоху Возрождения, показал, что геоцентрическая система мира не отражает действительного устройства Вселенной. Правда, сомнения в справедливости этой системы возникали и раньше, но именно великий польский ученый Н. Коперник явился смелым выразителем критических идей в отношении геоцентрической системы мира. Обратив особое внимание на правильные взгляды отдельных древних философов (Аристарх Самосский, III в. до н. э.), Коперник в своем замечательном труде «Об обращениях небесных сфер» (1543) изложил основы гелиоцентрической системы мира. Земля вращается вокруг своей оси за 24 ч. Этим вращением объясняется суточное движение звезд и всех других небесных светил. Земля обращается вокруг Солнца и полный оборот совершает в течение года. Этим движением Земли объясняется годовое движение Солнца среди созвездий. Все планеты также обращаются вокруг Солнца, причем периоды обращения у различных планет — разные. Таким образом, все видимые петлеобразные движения планет получили простое и естественное объяснение.

За Землей признавалась лишь роль рядовой

НИКОЛАЙ КОПЕРНИК (1473—1543)



Николай Коперник — великий польский астроном и государственный деятель, один из выдающихся ученых в истории естествознания, творец новой, гелиоцентрической системы мира (см. *Системы мира*).

Коперник родился в польском городе Торуни в семье зажиточного купца. Он рано лишился родителей и воспитывался у своего дяди Л. Ваченроде — известного общественно-политического деятеля того времени. Получил богословское и медицинское образование в университете Кракова и в Италии. Коперник с юности интересовался астрономией. Изучал ее, посещал в Кракове лекции о «семи свободных искусствах», в число которых входили тогда астрономия и математика. Учился наблюдениям у итальянских астрономов и читал в подлинниках сочинения древнегреческих классиков. По возвращении в Польшу Коперник поселился в Вармии — сначала в городе Лидцбарке, потом в Фромборке. Деятельность его была разнообразна. Он принимал активное участие в управлении областью: ведал ее финансовыми, хозяйственными и другими делами. В то же время Коперник неустанно размышлял над устройством Солнечной системы и постепенно пришел к своему великому открытию.

Коперник использовал идею древнегреческого философа Аристарха Самосского (III в. до н. э.) о том, что Земля движется вокруг Солнца. Общую философскую догадку Коперник превратил в строгую математическую теорию, впервые объяснившую все известные тогда особенности в движении планет, Солнца и Луны. Коперник утверждал, что Земля и другие планеты — спутники Солнца. Он показал, что именно движением Земли вокруг Солнца и ее суточным вращением вокруг своей оси объясняется видимое перемещение Солнца среди звезд, петлеобразное движение планет и видимое суточное вращение небесного свода.

Свою теорию Коперник создавал почти 30 лет. Она изложена в его знаменитом сочинении «Об обращениях небесных сфер» (1543). Учение Коперника нанесло сокрушительный удар религии и церкви, утверждавшим представления о Земле как избраннице божьей, стоящей в центре мира (согласно геоцентрической системе мира Птолемея), и сыграло огромную роль в последующем развитии естествознания. На основе этой теории были открыты И. Кеплером законы движений планет и И. Ньютоном закон всемирного тяготения. Гелиоцентрическая система опровергла представление об особом положении Земли во Вселенной, послужила основанием для развития идеи множественности обитаемых миров, бесконечности самой Вселенной (см. *Внеземные цивилизации*). Она показала возможность теоретико-экспериментального познания мира. Поэтому провозглашение гелиоцентрической системы Коперника вошло в историю естествознания как великая научная революция.

планеты, а не центра мироздания. В этом — важное революционное значение коперниковой системы мира для всего развития естествознания.

В наше время гелиоцентрическая система Коперника служит для описания Солнечной системы. Солнце же лишь одна из множества звезд звездной системы — *Галактики,* которая также не является единственной во Вселенной. Мир галактик чрезвычайно многообразен по формам входящих в него объектов. Теории строения Вселенной разрабатывает *космология.*

СЛУЖБА ВРЕМЕНИ

Служба времени — комплекс работ, связанных с определением, хранением и распространением точного времени. Службами времени называют также специальные лаборатории научно-исследовательских институтов, обсерваторий и других учреждений, которые выполняют эти работы.

Служба времени возникла еще в глубокой древности, и история ее развития неразрывно связана с развитием практической астрономии. Службы времени как специальные научные лаборатории астрономических обсерваторий, высших учебных заведений и научно-исследовательских институтов были организованы сравнительно недавно. Организация таких лабораторий началась, по сути дела, лишь после изобретения радио. В нашей стране первая служба времени была создана в 1920 г. при *Пулковской обсерватории.* В настоящее время в Советском Союзе работают 14 служб времени: в Ленинграде, Москве, Харькове, Иркутске, Ташкенте, Николаеве, Новосибирске и Риге.

Определение точного времени из астрономических наблюдений сводится к регулярному определению поправок часов. Поправкой часов называется величина, которую надо прибавлять к показаниям часов, чтобы получить точное время; поправка может быть больше нуля (если часы отстали) и меньше нуля (если они ушли вперед). С течением времени поправка часов изменяется; ее изменение за 1 сут называется суточным ходом часов. С его помощью можно вычислить поправку часов для любого момента, или хранить точное время, т. е. знать его не только для момента астрономических наблюдений.

Распространение точного времени производится по радио и телевидению. Точное время подается в эфир в виде различных радиосигналов, по определенным программам, со специальных часов-датчиков, заранее установленных на точное время. Кроме специальных сигналов точного времени, необходимых для удовлетворения нужд промышленности, навигации, науки и техники, в Советском Союзе ежедневно в конце каждого часа передаются через сеть радиовещания сигналы проверки времени (шесть точек), предназначенные для проверки часов технического и бытового характера. Начало шестого сигнала (точки) соответствует началу следующего часа.

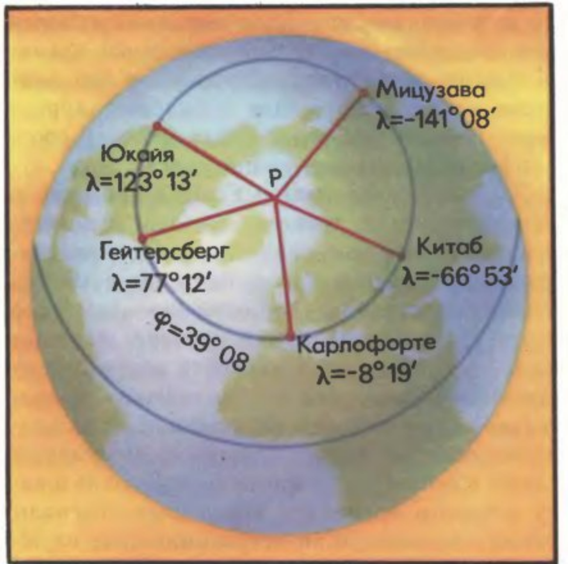
До изобретения *атомных часов* хранение и распространение точного времени осуществлялось с помощью различных типов маятниковых и *кварцевых часов.* Введение в 1967 г. атомного времени существенно изменило структуру и задачи служб времени. Атомные часы не нуждаются в контроле астрономическими наблюдениями — их точность значительно выше точности наблюдений. Использование атомных часов привело к разделению служб времени на лаборатории, хранящие шкалу атомного времени и передающие сигналы точного времени, и на астрономические службы, задачи которых заключаются в получении всемирного астрономического времени и сравнении его с атомным временем, а также в изучении особенностей вращения Земли и решении некоторых вопросов геофизики.

СЛУЖБА ДВИЖЕНИЯ ПОЛЮСОВ

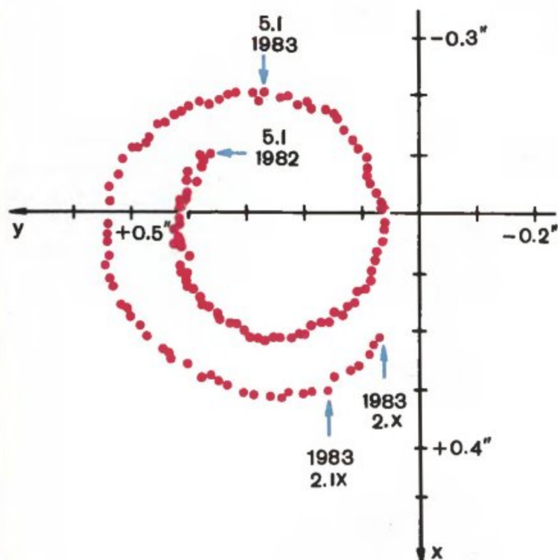
Систематические исследования с целью непрерывного определения положения географических полюсов на поверхности Земли называются службой движения полюсов.

Ось вращения Земли не занимает постоянного положения в теле Земли, которая как бы покачивается на своей оси, вследствие чего земные полюсы описывают на земной поверхности сложную кривую, не удаляясь от некоторого среднего положения более чем на 0,3—0,4″. Это явление полностью соответствует законам вращения тел, изучаемых механикой. Было, в частности, теоретически доказано (Л. Эйлером в России в 1765 г.), что если ось вращения Земли не совпадает с ее осью инерции, то должно происходить колебание полюсов вращения вокруг полюсов инерции с периодом в 305 сут.

Очевидно, что вследствие блуждания полюса по поверхности Земли должны изменяться географические координаты пунктов, находящихся на поверхности Земли, — широты и долготы. В течение более чем 100 лет после открытия Эйлера астрономы пытались обнаружить изменение широты с 305-суточным периодом. Но лишь в 90-х гг. XIX в. американский астроном С. Чандлер в результате анализа нескольких десятков тысяч зарегистри-



Станции Международной службы движения полюсов.



Траектория движения Северного полюса Земли (1982—1983). Положения полюса даны с интервалом в 5 дней.

рованных значений широты, полученных на разных обсерваториях почти за 200 лет наблюдений, обнаружил, что наблюдаемые географические широты колеблются с периодом около 14 мес. Несоответствие обнаруженного периода предсказанному периоду объяснялось тем, что Эйлер в своей теории рассматривал вращение Земли как абсолютно твердого тела, не подверженного никаким деформациям. Вскоре было найдено, что на чандлерово колебание накладывается другое, с годичным периодом, вызванное метеорологическими явлениями сезонного характера. Интерес к проблеме изменяемости широт и движения полюсов Земли был столь велик, что привел к созданию в 1898 г. Международной службы широты (МСШ). С 1961 г. она называется Международной службой движения полюсов (МСДП).

По международному соглашению были образованы 4 станции на параллели 39° 8′: две — в Америке (Гейтерсберг и Юкайя), третья — в Италии (Карлофорте), четвертая — в Японии (Мицузава). Затем станция была создана в России (Чарджоу; позже станция была перенесена в Китаб Узбекской ССР). В настоящее время свыше 30 станций на пяти материках производят широтные наблюдения для исследований движения земных полюсов.

Основным инструментом для наблюдений при определении широты является зенит-телескоп.

С 1899 г., когда начались специально поставленные систематические наблюдения колебаний широт, регулярно определяются положения Северного полюса на поверхности Земли. Теперь МСДП вычисляет положение полюса с точностью 0,01—0,02″ за средний интервал времени в 2 недели. Кроме того, координаты полюса вычисляет *Международное бюро времени* (МБВ), используя кроме определений широт еще и определения изменений долгот. Точность этих координат — 0,015″ по осредненным результатам наблюдений за 5 дней. МБВ использует данные наблюдений более 50 обсерваторий.

С 1969 г. координаты полюса в США начали определять из наблюдений искусственных спутников Земли серии «Транзит».

СЛУЖБА НЕБА

Служба неба — систематическое фотографирование неба с помощью широкоугольных светосильных *астрографов*. Астрофотографии, полученные в течение многих лет, служат для поисков и исследования *переменных звезд*, в том числе новых и *сверхновых звезд*, для изучения изменения блеска *квазаров* и т. д. Комплекты астрофотографий позволяют проследить положение какого-либо нового, недавно открытого небесного тела (*малой планеты, кометы*) в минувшие дни и годы. Коллекции астрофотографий Гарвардской обсерватории (США) и Государственного астрономического института им. П. К. Штернберга Московского университета (фотографирование началось в 80-х и 90-х гг. XIX в.) сыграли большую роль в изучении переменности блеска квазаров и звезд, отождествленных с рентгеновскими источниками.

В СССР служба неба ведется на астрономической обсерватории в Одессе и в Институте астрофизики АН Таджикской ССР в Душанбе. Отдельные участки неба регулярно фотографируют и на многих других обсерваториях страны.

СЛУЖБА СОЛНЦА

Сильная зависимость жизни всей *Земли* от деятельности *Солнца* и особенно воздействие проявлений *солнечной активности* на состояние верхних слоев земной атмосферы определяют большое значение контроля за состоянием Солнца для практической деятельности людей. Радиационная опасность для космонавтов, возникающая во время солнечных вспышек, требует постоянного наблюдения этих явлений и поисков способов их предсказания. Связанные со вспышками нарушения радиосвязи, магнитные бури представляют серьезные затруднения для навигации судов и пилотирования самолетов. Вероятно, существует зависимость важнейших биологических процессов от солнечной активности. Для решения множества подобных задач в международном масштабе организована система непрерывных наблюдений Солнца, называемая службой Солнца. В этих наблюдениях участвуют все крупные астрофизические обсерватории, а также множество специальных станций. Они расположены почти равномерно по географическим долготам, с тем чтобы обеспечивалось непрерывное слежение за Солнцем, по возможности не слишком зависящее от погодных условий.

Основная задача службы Солнца — регистрация центров солнечной активности (например, определение ежедневных чисел Вольфа и других индексов солнечной активности), а также всех солнечных вспышек. Собранные материалы сопоставляются с данными геофизических исследований. Для более эффективного решения проблем, связанных с солнечно-земными связями, организуются специальные международные комплексные программы исследований, выполняемые в определенные периоды времени, например Международный геофизический год, Международный год спокойного Солнца и т. д.

СОБСТВЕННЫЕ ДВИЖЕНИЯ ЗВЕЗД

На заре развития *астрономии звезды* считались неподвижно укрепленными на небосводе, но по мере накопления данных и увеличения точности наблюдений это представление было разрушено. Впервые предположение о том, что угловые расстояния между звездами изменяются со временем, высказал китайский астроном И Син (683—727 гг. н. э.). Современной астрономии известно много причин, из-за которых угловые расстояния между звездами изменяются. Это рефракция света в атмосфере (см. *Рефракция астрономическая*), суточная и годичная *аберрация света*, годичный *параллакс*.

Собственными движениями звезд называют лишь те их угловые перемещения, которые происходят вследствие реального движения звезд в пространстве или вследствие движения в пространстве *Солнечной системы*, из которой мы ведем наблюдения. При этом ту часть собственного движения, которая вызвана движением звезды в пространстве, называют пекулярным движением, а часть, обусловленную движением Солнечной системы, — параллактическим.

Собственное движение звезды равно ее угловому перемещению за год, обычно выражаемому в угловых секундах. Собственные движения очень малы и для большинства звезд не превышают сотых долей секунды в год. Наибольшее собственное движение, равное 10,27″, имеет звезда Барнарда в созвездии Змееносца. Знание собственных движений необходимо для построения фундаментальных каталогов звезд, определения их расстояний, для изучения кинематики (механики движения) звезд в нашей *Галактике*, а также в *звездных скоплениях и ассоциациях*.

Определение собственных движений звезд из-за малости их связано с большими трудностями. Современные определения собственных движений выполняются фотографическим методом, который основан на сравнении нескольких астрофотографий одной и той же области, сделанных через достаточно большой (20 лет и более) промежуток времени. Точность определения собственных движений фотографическим методом составляет ±0,003″.

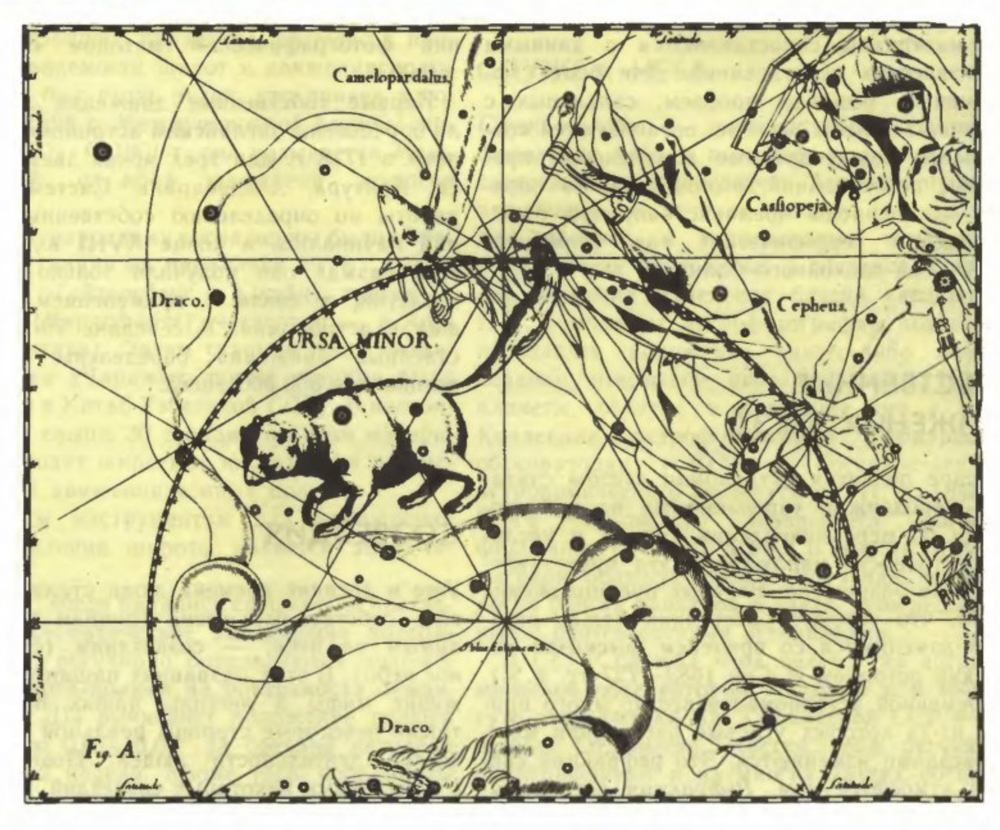
Первые собственные движения звезд были определены английским астрономом Э. Галлеем в 1718 г. для трех ярких звезд: Сириуса, Арктура, Альдебарана. Систематические работы по определению собственных движений начинались в конце XVIII в., но большой размах они получили только в нашем столетии, в связи с применением фотографии в астрономии. К середине 70-х гг. собственные движения определены приблизительно для 300 000 звезд.

СОЗВЕЗДИЯ

Уже в древние времена люди стали присваивать собственные имена группам звезд, видимым на небе, — созвездиям (см. *Звездное небо*). В этих названиях нашли свое отражение мифы и легенды наших предков, а также некоторые стороны реальной и практической деятельности людей. Познакомимся с названиями некоторых созвездий.

Созвездие Андромеды. Гравюра из атласа Гевелия.

Внизу: созвездие Малой Медведицы. Гравюра из атласа Гевелия.



Созвездие Персея. Гравюра из атласа Гевелия.

Cassiopeja.
PERSEUS.
Camelopardalus
Andromeda.
Auriga.
Triangulum Majus.
Minus.
Musca.
Aries.
Taurus.
Fig. W.

Внизу: созвездие Возничего. Гравюра из атласа Гевелия.



Старинная карта с изображением фигур созвездий.



...В летние и осенние вечера в небе Северного полушария Земли выделяются три яркие звезды, образующие гигантский треугольник: Вега в созвездии Лиры, Денеб в созвездии Лебедя, Альтаир в созвездии Орла. С одним из этих созвездий — Лирой связан древнегреческий миф об Орфее. Когда Орфей пел, аккомпанируя себе на лире, его сладкозвуч-

АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ЗОНТ

Астрономический зонт — звездная карта оригинальной конструкции, которую несколько десятилетий назад предложили два ученых, независимо друг от друга, — К. Фламмарион (Франция) и М. Е. Набоков (СССР). Основой для такой карты служит обыкновенный зонт черного или синего цвета. На его внутреннюю поверхность наносятся изображения той части звездного неба, которая заключена в пределах от склонения +30° до Северного полюса мира, причем осью мира здесь является ручка зонта.

Сделать астрономический зонт вы можете сами. Начинайте с сетки экваториальных координат. Для этого прежде всего разделите длину дуги от края купола до его вершины на 6 равных частей и через места деления проведите 6 параллелей. Для каждой параллели берите шнурок нужной длины с привязанным кусочком мела и проводите им окружности с центром в вершине купола. Окружности обозначают небесные параллели с десятиградусными интервалами по склонению. Чтобы провести круги склонения, разделите крайнюю параллель на 8 равных частей и места деления соедините меловыми линиями с полюсом. Получите 8 кругов склонения с интервалом в 3 ч. Еще проще это будет сделать, если ваш зонт, как это часто бывает, состоит из 8 клиньев. Намеченную таким образом координатную сеть зафиксируйте вышивкой или масляной краской. Тем же способом нанесите соответствующие цифровые обозначения.

Теперь приступайте к нанесению на карту звезд. Ограничьтесь изображе-

ный голос усмирял хищных зверей, сдвигал камни, заставлял склоняться ветви деревьев.

А с соседним созвездием древние греки связывали легенды о лебеде, в образе которого, согласно одному из мифов, спускался на землю сам громовержец Зевс на свидания к своей возлюбленной красавице Леде.

Любопытно, что арабы во взаимном расположении тех же самых звезд, составляющих созвездие Лебедя, усматривали очертания... курицы. Отсюда и название самой яркой звезды этого созвездия — Денеб, которое произошло от арабского «дгенеб эд-даджа жех», что означает «хвост курицы».

И вообще, разные народы вкладывали в названия одних и тех же созвездий совершенно различный смысл. Так, древние греки связывали с созвездием Большой Медведицы миф о нимфе Каллисто, которую богиня Земли Гера из мести превратила в медведицу. Гера подстроила так, что сын Каллисто Аркад во время охоты повстречал эту медведицу и, не зная, кто она на самом деле, выстрелил в нее из лука. И тогда, чтобы спасти нимфу от разгневанной богини, Зевс опустился на землю и унес медведицу на небо прежде, чем до нее долетела пущенная Аркадом стрела...

В том же созвездии некоторые северные народы нашей страны видели фигуру лося. Согласно одной из легенд, жил на Земле лось по имени Сохатый. Однажды погнались за ним охотники. Убегая от них, лось оторвался от Земли и стал подниматься все выше и выше, а охотники вслед за ним. И так поднимались они до тех пор, пока не оказались среди звезд.

А эстонцы называли то же самое созвездие телегой. И это название было связано с народной легендой: однажды волк напал на вола, запряженного в телегу. И за это боги, запретившие диким зверям нападать на домашних животных во время работы, в наказание запрягли волка в телегу рядом с волом и в назидание всем поместили на небо.

Есть на небе и такие созвездия, названия которых отражают успехи, достигнутые людьми в развитии науки и техники, в открытии новых земель: Микроскоп, Секстант, Телескоп, Циркуль, Столовая Гора, Часы...

СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ

Солнечная активность — совокупность явлений, периодически возникающих в солнечной атмосфере. Проявления солнечной активности тесно связаны с магнитными свойствами солнечной плазмы. Возникновение активной области начинается с постепенного увеличения магнитного потока в некоторой области фотосферы. В соответствующих местах хромосферы вскоре после этого наблюдается увеличение яркости в линиях водорода и кальция. Такие области называются флоккулами. Примерно в тех же участках на Солнце в фотосфере (т. е. несколько глубже) при этом также наблюдается увеличение яркости в белом (видимом) свете — факелы. Увеличение энергии, выделяющейся в области факела и флоккула, является следствием увеличившейся до нескольких десятков эрстед напряженности магнитного поля.

Через 1—2 дня после появления флоккула в активной области возникают солнечные

нием лишь тех звезд, которые нанесены на звездную карту в статье *Звездное небо*. Звезды намечайте заостренным кусочком мела, а затем закрепляйте белилами или вышивкой. Рисунок созвездий станет более узнаваем, если разницу в видимом блеске звезд вам удастся выразить диаметром дисков или числом и длиной вышитых лучиков.

Как пользоваться астрономическим зонтом? Набоков рекомендовал устроить для него постоянный держатель. Вройте в землю столб высотой около 1,5 м, срезанный в верхней части под углом, равным 90° —φ, где φ — широта места наблюдения. К скошенному торцу столба прибейте или приверните шурупами полуметровую планку. На ней полосками жести укрепите трубку, в которую в дальнейшем и будете вставлять астрономический зонт. Столб и трубку ориентируйте таким образом, чтобы в нее можно было увидеть Полярную звезду. Переносной держатель можно устроить с помощью фотоштатива. Вставленный в трубку зонт, медленно поворачивая, постарайтесь установить в соответствии с наблюдаемой картиной звездного неба. Это легче всего сделать по положению ковша Большой Медведицы. Для первых «экскурсий» по небосводу советуем прикрепить к зонту булавками или приметать нитками бумажные полоски с названиями созвездий. Это поможет вам быстрее разобраться в лабиринте звезд и созвездий. Работая с зонтом, пользуйтесь карманным фонариком.



пятна в виде маленьких черных точек — пор. Многие из них вскоре исчезают, и лишь отдельные поры за 2—3 дня превращаются в крупные темные образования. Типичное солнечное пятно имеет размеры в несколько десятков тысяч километров и состоит из темной центральной части — тени и волокнистой полутени. Важнейшая особенность пятен — наличие в них сильных магнитных полей, достигающих в области тени наибольшей напряженности, в несколько тысяч эрстед. В целом пятно представляет собой выходящую в фотосферу трубку силовых линий магнитного поля, целиком заполняющих одну или несколько ячеек хромосферной сетки (см. *Солнце*). Верхняя часть трубки расширяется, и силовые линии в ней расходятся, как колосья в снопе. Поэтому вокруг тени магнитные силовые линии принимают направление, близкое к горизонтальному. Полное, суммарное давление в пятне включает в себя давление магнитного поля и уравновешивается давлением окружающей фотосферы, поэтому газовое давление в пятне оказывается меньшим, чем в фотосфере. Магнитное поле как бы расширяет пятно изнутри. Кроме того, магнитное поле подавляет конвективные движения газа, переносящие энергию из глубины вверх. Вследствие этого в области пятна температура оказывается меньше примерно на 1000 К. Пятно как бы охлажденная и скованная магнитным полем яма в солнечной фотосфере.

Большей частью пятна возникают целыми группами, в которых, однако, выделяются два больших пятна. Одно, небольшое, — на западе, а другое, чуть поменьше, — на востоке. Вокруг и между ними часто бывает множество мелких пятен. Такая группа пятен называется биполярной, потому что у обоих больших пятен всегда противоположная полярность магнитного поля. Они как бы связаны с одной и той же трубкой силовых линий магнитного поля, которая в виде гигантской петли вынырнула из-под фотосферы, оставив концы где-то в ненаблюдаемых, глубоких слоях. То пятно, которое соответствует выходу магнитного поля из фотосферы, имеет северную полярность, а то, в области которого силовые линии входят обратно под фотосферу, — южную.

Самое мощное проявление солнечной активности — это вспышки. Они происходят в сравнительно небольших областях хромосферы и короны, расположенных над группами солнечных пятен. По своей сути вспышка — это взрыв, вызванный внезапным сжатием солнечной плазмы. Сжатие происходит под давлением магнитного поля и приводит к образованию длинного плазменного жгута или ленты. Длина такого образования составляет десятки и даже сотни тысяч километров. Общее количество энергии, выделяющееся в результате взрыва, может составлять в зависимости от его силы от 10^{23} до 10^{25} Дж. Продолжается вспышка обычно около часа.

Мощность энерговыделения 1 г вещества в области вспышки в среднем в 10^{12} раз больше, чем мощность энерговыделения 1 г вещества всего Солнца. Это говорит о том, что источник энергии вспышек отличается от источника энергии всего Солнца. Хотя детально физические процессы, приводящие к возникновению вспышек, еще не изучены, ясно, что они имеют электромагнитную природу. Основной жгут вспышки обычно располагается вдоль нейтральной линии магнитного поля — направления, разделяющего области различной полярности. При некоторых условиях возникает неустойчивость, магнитные поля вблизи нейтральной линии сильно сближаются, сливаются и нейтрализуются (аннигилируют). При этом энергия магнитного поля переходит в другие формы: в излучение, тепло и кинетическую энергию движущихся газов. В электромагнитное излучение переходит примерно половина всей энергии. Это излучение может наблюдаться в видимых, ультрафиолетовых, рентгеновских лучах и даже гамма-лучах. Особенно много энергии излучается в красной спектральной линии водорода, в которой вспышки чаще всего и наблюдают при помощи узкополосных светофильтров. Энергия, излучаемая вспышкой в коротковолновой области спектра, состоит из ультрафиолетовых и рентгеновских лучей. Эти лучи испускаются очень сильно ионизованными атомами. Например, во время некоторых вспышек наблюдалось рентгеновское излучение, характерное для атома железа, лишенного 25 электронов, которое, по сути дела, представляет собой атомное ядро, обладающее подобно водороду, только одним электроном!

Другая половина энергии вспышки идет на ускорение, иногда до релятивистских скоростей, элементарных частиц, главным образом электронов и протонов. Поток таких частиц добавляется во время вспышек к общему потоку космических лучей, наблюдаемых вблизи Земли. Сталкиваясь с другими атомами, энергичные ядра вызывают их необычайно сильную ионизацию, а в некоторых случаях проникают даже через электронные оболочки атомов и приводят к ядерным превращениям, сопровождающимся испусканием гамма-квантов. Как и всякий сильный взрыв, вспышка порождает ударную волну, распространяющуюся как вверх в корону, так и горизонтально вдоль поверхностных слоев солнечной атмосферы. Излучение солнечных вспышек оказывает особо сильное воздействие на верхние слои земной атмосферы и ионосферу

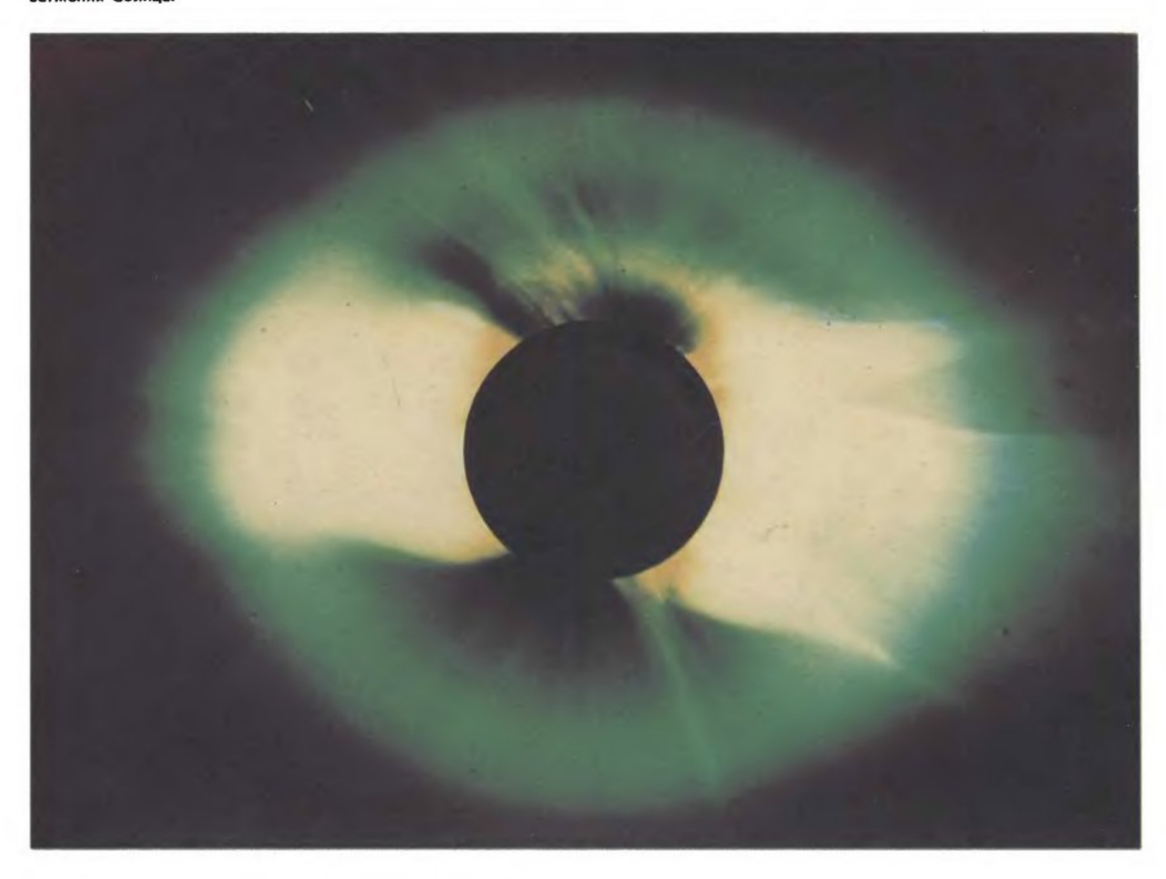
Солнечный протуберанец в ультрафиолетовых лучах.



и приводит к возникновению целого комплекса геофизических явлений.

Наиболее грандиозными образованиями в солнечной атмосфере являются протуберанцы — сравнительно плотные облака газов, возникающие в солнечной короне или выбрасываемые в нее из хромосферы. Типичный протуберанец имеет вид гигантской светящейся арки, опирающейся на хромосферу и образованной струями и потоками более плотного и холодного, чем окружающая корона, вещества. Иногда это вещество удерживается прогнувшимися под его тяжестью силовыми линиями магнитного поля, а иногда медленно стекает вдоль магнитных силовых линий. Имеется множество различных типов протуберанцев. Некоторые из них, так называемые эруптивные протуберанцы, свя-

Солнечная корона во время затмения Солнца.



заны с взрывоподобными выбросами вещества из хромосферы вверх в корону. На фотографиях хромосферы в красной спектральной линии водорода протуберанцы хорошо видны на диске Солнца в виде темных длинных волокон.

Области на Солнце, в которых наблюдаются интенсивные проявлениия солнечной активности, называются центрами солнечной активности.

Общая активность Солнца, характеризуемая количеством и силой проявления центров солнечной активности, периодически изменяется. Существует множество различных удобных способов количественно оценивать уровень солнечной активности. Обычно пользуются наиболее простым и раньше всех введенным индексом солнечной активности — числами Вольфа W. Числа Вольфа пропорциональны сумме полного числа пятен, наблюдаемых в данный момент на Солнце (f), и удесятеренного числа групп, которые они образуют (g). Таким образом,

$W = k(f + 10g)$,

где k — коэффициент, учитывающий качество инструмента и производимых с его помощью наблюдений. Эпоху, когда количество центров активности наибольшее, считают максимумом солнечной активности, а когда их совсем нет или почти совсем нет — минимумом. Максимумы и минимумы чередуются в среднем с периодом 11 лет. Это составляет так называемый одиннадцатилетний цикл солнечной активности.

СОЛНЕЧНАЯ КОРОНА

Солнечная корона — самые внешние, очень разреженные слои атмосферы *Солнца*.

Во время полной фазы солнечного затмения вокруг диска *Луны*, который закрывает от наблюдателя яркую фотосферу, внезапно как бы вспыхивает жемчужное лучистое сияние. Это на несколько десятков секунд становится видимой солнечная корона. Важной особенностью короны является ее лучистая структура. Лучи бывают различной длины, вплоть до десятка и более солнечных радиусов. После изобретения коронографа (см. *Солнечный телескоп*) солнечную корону стали наблюдать и вне затмений. Общая форма короны меняется с фазами цикла *солнечной активности:* в годы максимума корона почти сферична, в годы минимума она сильно вытянута вдоль экватора.

Распределение яркости в солнечной короне.



Корона представляет собою сильно разреженную высокоионизованную плазму с температурой 1—2 млн. градусов. Причина столь большого нагрева солнечной короны связана с волновыми движениями, возникающими в конвективной зоне Солнца.

Цвет короны почти совпадает с цветом излучения всего Солнца. Это связано с тем, что находящиеся в короне свободные электроны, возникающие в результате сильной ионизации газов, рассеивают излучение, приходящее от фотосферы.

Из-за огромной температуры частицы движутся так быстро, что при столкновениях от атомов отлетают электроны, которые начинают двигаться как свободные частицы. В результате этого легкие элементы полностью теряют все свои электроны, так что в короне практически нет атомов водорода и гелия, а есть только протоны и альфа-частицы. Тяжелые элементы теряют до 10—15 внешних электронов.

По этой причине в спектре солнечной короны наблюдаются необычные спектральные линии, которые долгое время, подобно линиям гелия, не удавалось отождествить с известными химическими элементами. Так, например, одна из наиболее ярких корональных линий (зеленая) принадлежит атому железа, лишенному 13 электронов.

Горячая плазма сильно излучает и поглощает радиоволны. Поэтому наблюдаемое солнечное радиоизлучение на метровых и дециметровых волнах возникает в солнечной короне (см. *Радиоастрономия*).

Иногда в солнечной короне наблюдаются области пониженного свечения. Их называют корональными дырами. Особенно хорошо эти образования заметны по снимкам в рентгеновских лучах.

СОЛНЕЧНАЯ ПОСТОЯННАЯ

Солнечная постоянная — количество солнечной энергии, падающее за 1 мин на площадку в 1 см^2, расположенную перпендикулярно солнечным лучам за пределами земной атмосферы на среднем расстоянии Земли от Солнца. Иными словами, солнечная постоянная — это освещенность, которую Солнце создает на поверхности, перпендикулярной к его лучам, удаленной от него на расстояние в одну астрономическую единицу. При этом учитывается не только энергия видимых лучей, но и излучение всех других диапазонов длин волн

(см. *Электромагнитное излучение небесных тел*), например невидимые ультрафиолетовые и инфракрасные лучи, почти полностью поглощаемые земной атмосферой. В настоящее время в результате совокупности наземных и внеатмосферных измерений солнечной постоянной ее значение известно с точностью до 1% и составляет 1,95 кал/(см^2· мин) = =1,36 кВт/м^2.

Возможные колебания потока солнечной энергии в несколько сотых или десятых долей процента могут иметь существенное значение для геофизических и в первую очередь климатических явлений.

Вследствие эллиптичности земной орбиты реальный поток солнечного излучения, попадающий на Землю, изменяется в течение года почти на 7%. При этом его увеличение в Северном полушарии приходится на зиму, что несколько смягчает ее.

САМОДЕЛЬНЫЙ ГЕЛИОРЕГИСТРАТОР

С помощью этой остроумной установки можно ежедневно регистрировать интервалы времени, в которые Солнце не закрыто облаками. Главная деталь прибора — фокусирующая линза.

Вероятно, все вы, ребята, пользовались лупой в качестве «выжигательного стекла». Вы знаете, конечно, что, для того чтобы выжечь на бумаге точку, нужно установить лупу перпендикулярно солнечным лучам, а бумагу расположить позади нее на удалении фокусного расстояния. Если лупу непрерывно поворачивать вслед за Солнцем, «заставить следить» за ним, то на бумаге прожгется черточка, которая будет увеличиваться до тех пор, пока наше дневное светило не скроется за облаками или не уйдет за горизонт. На этом и основан принцип работы гелиорегистратора. Только в приборе заводского изготовления (метеорологи называют его гелиографом) привычную нам линзу заменили прозрачным стеклянным шаром, который работает как выжигающее стекло вне зависимости от положения Солнца над горизонтом.

В самодельном гелиорегистраторе в качестве шаровой линзы можно с успехом использовать наполненную водой и герметически закрытую шарообразную колбу. Универсальный штатив с шарнирным зажимом послужит держателем. Вы можете сделать его сами, используя фотоштатив и зажим из двух деревянных брусочков, имеющих вырезы в форме полуколец по размеру горлышка колбы. К держателю, например, с помощью деталей «конструктора» прикрепите дугообразную металлическую полоску; на ее внутренней поверхности укрепите скрепками ленточку из бумаги-миллиметровки, на которой оставит прожженный след движущееся по небу Солнце. Радиус, длину и ширину металлической дуги (соответственно и бумажной полоски), как и ее удаление от колбы, надо определить экспериментальным путем. Эти параметры зависят от фокусного расстояния используемой линзы.

Гелиорегистратор установите на площадке с открытой южной частью небосвода. Горлышко колбы направьте вверх и наклоните к северу в большей или меньшей степени, в зависимости от времени года. Самодельный гелиорегистратор можно использовать и зимой. Для того чтобы вода в колбе не замерзала, растворите в ней примерно столовую ложку поваренной соли, а лучше — хлорида кальция кристаллогидрата. Зимой бумажные полоски должны быть темного цвета.

Если ежесуточно менять бумажные полоски, не забывая проставлять на них даты, то обработка полученных результатов позволит вам со временем определить число солнечных дней в прошедшем году, распределение их по месяцам и по сезонам, суммарное число часов прямой солнечной радиации и т. д. Эти данные интересны при исследовании астроклиматических условий в месте наблюдения и при изучении солнечно-земных связей. При вычислении ежесуточной продолжительности прямого солнечного сияния вам поможет таблица в статье *Долгота дня*.





СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА

В Солнечную систему входит *Солнце*, 9 больших *планет* вместе с 44 спутниками (см. *Спутники планет*), более 100 000 *малых планет* (астероидов), порядка 10^{11} *комет*, а также бесчисленное количество мелких, так называемых метеорных тел (поперечником от 100 м до ничтожно малых пылинок).

Центральное положение в Солнечной системе занимает Солнце. Его масса приблизительно в 750 раз превосходит массу всех остальных тел, входящих в эту систему. Гравитационное притяжение Солнца является главной силой, определяющей движение всех обращающихся вокруг него тел Солнечной системы. Среднее расстояние от Солнца до самой далекой от него планеты *Плутон* 39,5 а. е., т. е. 6 млрд. км, что очень мало по сравнению с расстояниями до ближайших звезд. Только некоторые кометы удаляются от Солнца на 10^5 а. е. и подвергаются воздействию притяжения звезд.

Двигаясь в *Галактике,* Солнечная система время от времени пролетает сквозь межзвездные газопылевые облака. Вследствие крайней разреженности вещества этих облаков погружение Солнечной системы в облако может проявиться только в небольшом поглощении и рассеянии солнечных лучей. Проявления этого эффекта в прошлой истории Земли пока не установлены.

Все большие планеты — *Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун* и *Плутон* — обращаются вокруг Солнца в одном направлении (в направлении осевого вращения самого Солнца), по почти круговым орбитам, мало наклоненным друг к другу (и к солнечному экватору). Плоскость земной орбиты — эклиптика принимается за основную плоскость при отсчете наклонов орбит планет и других тел, обращающихся вокруг Солнца.

Расстояния планет от Солнца образуют закономерную последовательность — промежутки между соседними орбитами возрастают с удалением от Солнца.

Эти закономерности движения планет в сочетании с делением их на две группы по физическим свойствам указывают на то, что Солнечная система не является случайным собранием космических тел, а возникла в едином процессе, поэтому изучение любого из тел Солнечной системы проливает свет на происхождение всей Солнечной системы, а вместе с тем и на происхождение, эволюцию и современное строение нашей Земли.

ВАСИЛИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ ФЕСЕНКОВ (1889—1972)



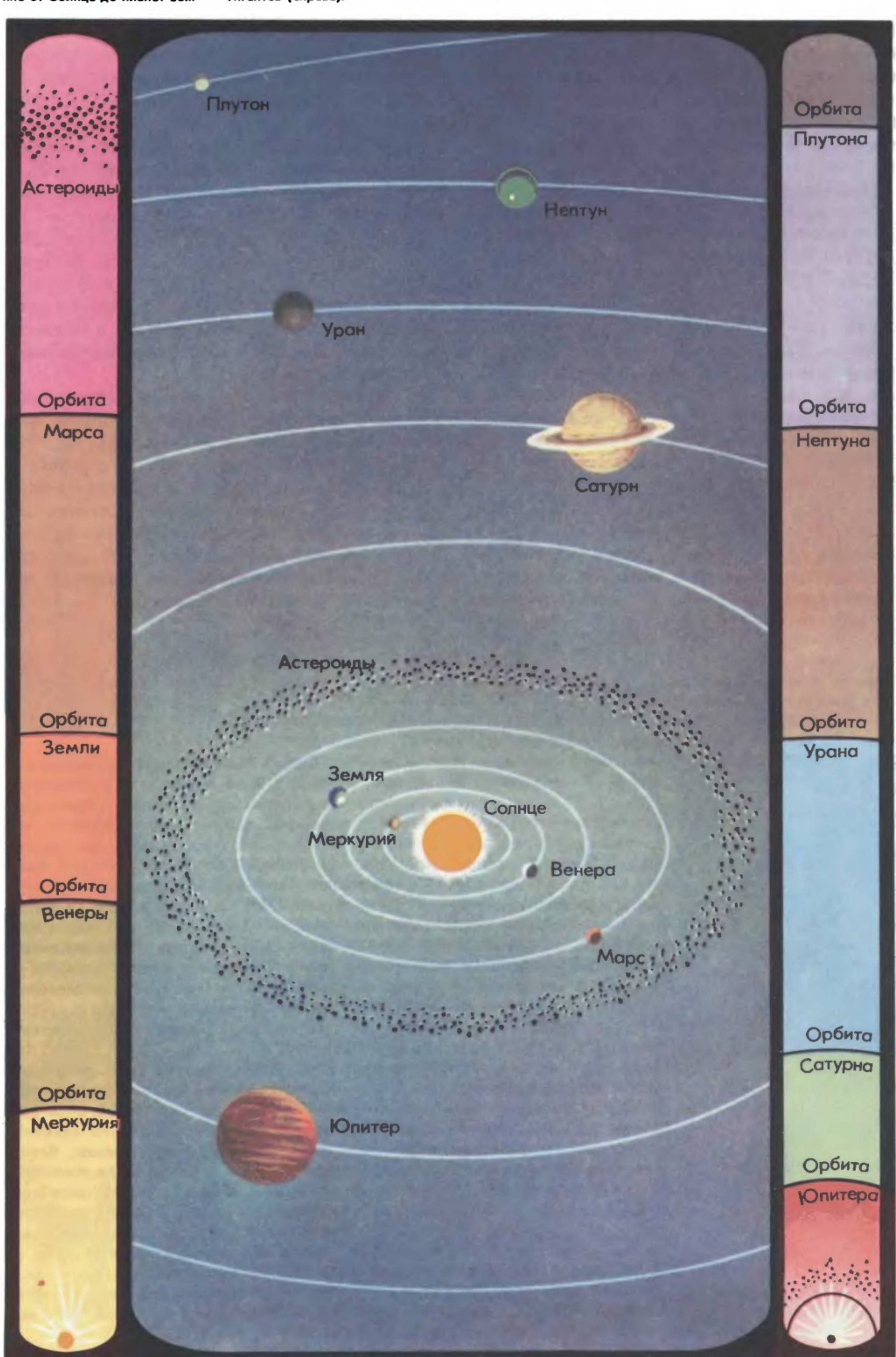
Василий Григорьевич Фесенков — советский астроном, академик (с 1935 г.). Родился в городе Новочеркасске. После окончания Харьковского университета продолжил образование в Париже. Преподавал в Харьковском университете и в Новочеркасском techинституте. В 1923 г. организовал в Москве Астрофизический институт, объединенный затем с Московской астрономической обсерваторией в Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга (с 1936 по 1939 г. был его директором). В 1942 г. основал Астрофизический институт АН Казахской ССР и возглавлял его до 1964 г. Руководил Астрономическим советом и Комитетом по метеоритам АН СССР.

Фесенков — разносторонний ученый, внесший крупный вклад во многие разделы астрономии. Его первые работы относятся к исследованиям поверхностей планет и Луны. Он, в частности, разработал теорию отражения света поверхностью планеты, имеющей атмосферу, применив ее к изучению планеты Марс. Фесенков провел большую серию измерений яркости дневного неба, Зодиакального Света, противосияния, сумеречного неба и в результате этих наблюдений сделал вывод о наличии у Земли газового хвоста, направленного от Солнца. Занимался вопросом происхождения Солнечной системы и пришел к выводу об одновременном образовании Солнца и планет (в дальнейшем Фесенков не раз видоизменял свою гипотезу происхождения планет с учетом новых данных).

Занимался Фесенков и исследованиями метеоритов, их связи с другими малыми телами Солнечной системы.

В области физики звезд Фесенков известен своими исследованиями цвета звезд и его зависимости от положения звезды относительно главной плоскости Галактики (звезды, близкие к этой плоскости, из-за поглощения света в галактической пыли кажутся краснее). Открыл звездные цепочки, т. е. группы звезд, лежащие вдоль волокон межзвездного газа и связанные с ним единством происхождения. Разработал метод определения поглощения света в темных туманностях.

Солнечная система. Расстояние от Солнца до планет земной группы (слева) и планет-гигантов (справа).



Благодаря почти круговой форме планетных орбит и большим промежуткам между ними исключена возможность тесных сближений между планетами, при которых они могли бы существенно изменять свое движение в результате взаимных притяжений. Это обеспечивает длительное существование планетной системы.

Планеты вращаются также вокруг своей оси, причем у всех планет, кроме Венеры и Урана, вращение происходит в прямом направлении, т. е. в том же направлении, что и их обращение вокруг Солнца. Чрезвычайно медленное вращение Венеры происходит в обратном направлении, а Уран вращается как бы лежа на боку.

Большинство спутников обращаются вокруг своих планет в том же направлении, в котором происходит осевое вращение планеты. Орбиты таких спутников обычно круговые и лежат вблизи плоскости экватора планеты, образуя уменьшенное подобие планетной системы. Таковы, например, система спутников Урана и система галилеевских спутников Юпитера. Обратными движениями обладают спутники, расположенные далеко от планеты.

Сатурн, Юпитер и Уран кроме отдельных спутников заметных размеров имеют множество мелких спутников, как бы сливающихся в сплошные кольца. Эти спутники движутся по орбитам, настолько близко расположенным к планете, что ее приливная сила не позволяет им объединиться в единое тело.

Подавляющее большинство орбит ныне известных малых планет располагается в промежутке между орбитами Марса и Юпитера. Все малые планеты обращаются вокруг Солнца в том же направлении, что и большие планеты, но их орбиты, как правило, вытянуты и наклонены к плоскости эклиптики.

Кометы движутся в основном по орбитам, близким к параболическим. Некоторые кометы обладают вытянутыми орбитами сравнительно небольших размеров — в десятки и сотни а. е. У этих комет, называемых периодическими, преобладают прямые движения, т. е движения в направлении обращения планет.

Будучи вращающейся системой тел, Солнечная система обладает моментом количества движения (МКД). Главная часть его связана с орбитальным движением планет вокруг Солнца, причем массивные Юпитер и Сатурн дают около 90%. Осевое вращение Солнца заключает в себе лишь 2% общего МКД всей Солнечной системы, хотя масса Солнца составляет более 99,8% общей массы. Такое распределение МКД между Солнцем и планетами связано с медленным вращением Солнца и огромными размерами планетной системы — ее поперечник в несколько тысяч раз больше поперечника Солнца. МКД планеты приобрели в процессе своего образования: он перешел к ним от того вещества, из которого они образовались.

Планеты делятся на две группы, отличающиеся по массе, химическому составу (это проявляется в различиях их плоскости), скорости вращения и количеству спутников. Четыре планеты, ближайшие к Солнцу, планеты земной группы, невелики, состоят из плотного каменистого вещества и металлов. Планеты-гиганты — Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун — гораздо массивнее, состоят в основном из легких веществ и поэтому, несмотря на огромное давление в их недрах, имеют малую плотность. У Юпитера и Сатурна главную долю их массы составляют водород и гелий. В них содержится также до 20% каменистых веществ и легких соединений кислорода, углерода и азота, способных при низких температурах конденсироваться в льды. У Урана и Нептуна льды и каменистые вещества составляют главную часть их массы.

Недра планет и некоторых крупных спутников (например, Луны) находятся в раскаленном состоянии. У планет земной группы и спутников вследствие малой теплопроводности наружных слоев внутреннее тепло очень медленно просачивается наружу и не оказывает заметного влияния на температуру поверхности. У планет-гигантов конвекция в их недрах приводит к заметному потоку тепла из недр, превосходящему поток, получаемый ими от Солнца.

Венера, Земля и Марс обладают атмосферами, состоящими из газов, выделившихся из их недр. У планет-гигантов атмосферы представляют собой непосредственное продолжение их недр: эти планеты не имеют твердой или жидкой поверхности. При погружении внутрь атмосферные газы постепенно переходят в конденсированное состояние.

Ядра комет по своему химическому составу родственны планетам-гигантам: они состоят из водяного льда и льдов различных газов с примесью каменистых веществ. Почти все малые планеты по своему современному составу относятся к каменистым планетам земной группы. Только недавно открытый Хирон, движущийся в основном между орбитами Сатурна и Урана, вероятно, подобен ледяным ядрам комет и небольшим спутникам далеких от Солнца планет. Обломки малых планет, образующихся при их столкновении друг с другом, иногда выпадают на Землю в виде метеоритов. У малых планет, именно вследствие их малых размеров, недра прогревались значительно меньше, чем у планет земной группы, и поэтому их вещество зачастую претерпело лишь небольшие изменения со времени их образования. Измерения возраста метеоритов (по содержанию радиоактивных элементов и продуктов их распада) показали, что они, а следовательно, и вся Солнечная

система существуют около 5 млрд. лет. Этот возраст Солнечной системы находится в согласии с измерениями возрастов древнейших земных и лунных образцов.

Динамические и физические особенности строения Солнечной системы указывают на то, что планеты сформировались из газопылевого вещества, некогда образовавшего протопланетное облако вокруг Солнца. Планеты земной группы образовались в результате аккумуляции каменистых твердых частиц, у планет-гигантов образование началось с аккумуляции каменисто-ледяных частиц, потом на некотором этапе их роста дополнилось присоединением газов, в основном водорода и гелия.

СОЛНЕЧНЫЕ ЧАСЫ

Солнечные часы — простейший прибор для отсчета времени.

С древних времен смена дня и ночи — сутки — служила мерилом относительно небольших интервалов времени. Положение *Солнца* на небе стало использоваться в качестве той часовой стрелки, по которой люди определяли время в дневную часть суток (см. *Измерение времени*).

Первые солнечные часы, сведения о которых дошли до нас, были изобретены в Вавилоне в VI в. до н. э. Несколько позже такие часы стали применяться в Греции, а затем и в Риме. Принцип действия солнечных часов основан на движении тени, отбрасываемой солнечным указателем при видимом суточном перемещении Солнца по небу.

Основные части солнечных часов — указатель, отбрасывающий тень и играющий роль стрелки, и циферблат с нанесенными на него делениями, обозначающими часы суток. Перемещение стрелки-тени, отражающее суточное вращение Земли, позволяет определять время.

Плоскость циферблата может быть установлена горизонтально, вертикально (на стене здания) или наклонно (например, в плоскости, параллельной плоскости земного экватора). В зависимости от этого изменяется и оцифровка циферблата. По-разному может устанавливаться и указатель, отбрасывающий тень.

Наиболее просты экваториальные солнечные часы, у которых указатель расположен параллельно оси вращения Земли и направлен на полюс мира, а плоскость циферблата перпендикулярна этому направлению. Благодаря такому расположению конец тени указателя всегда описывает на циферблате правильную окружность, перемещаясь при этом с постоянной угловой скоростью. Поэтому, в отличие от других типов солнечных часов, цифры на циферблате располагаются равномерно, как на обычных часах, которыми пользуются в быту. Разница лишь в том, что окружность разделена не на 12, а на 24 ч.

Однако экваториальные солнечные часы

ВАШИ СОЛНЕЧНЫЕ ЧАСЫ



Солнечные часы состоят из двух основных деталей: циферблата с нанесенными на него делениями, соответствующими часам и долям часа, и указателя, отбрасывающего на него тень, которая, перемещаясь по циферблату вследствие видимого суточного движения Солнца по небу, указывает время. Только в экваториальных часах (см. *Солнечные часы*) тень указателя движется по циферблату равномерно, так что угол между любыми соседними часовыми делениями одинаков и составляет 360°:24 = 15°. Оцифровка горизонтальных и особенно вертикальных солнечных часов более сложна и зависит как от географической широты места, так и от азимута вертикальной плоскости, в которой предполагается разместить часы.

Удобно пользоваться горизонтальными солнечными часами. Их можно изготовить как стационарными, размером 1—2 м и более (см. рис. на с. 261), так и переносными с диаметром циферблата 30—50 см.

Циферблат размечайте следующим образом. Начертите окружность и проведите диаметр, который при установке часов будет располагаться по линии юг — север. Северный конец диаметра обозначьте числом 12 и по обе стороны от него отложите углы u, вычисленные по формуле: $\operatorname{tg} u = \operatorname{tg} t \cdot \sin \varphi$; здесь φ — географическая широта места, где будут установлены часы, а t — интервалы времени, отсчитываемые от полудня и выражаемые в градусной мере (1 ч = 15°; 1 мин = 15′). Для удобства составьте таблицу зависимости u от t (приведенная таблица вычислена для широты Москвы φ = 55°45′).

t (ч)	t (град)	u (град)
0	0	0
1	15	12,5
2	30	25,5
3	45	39,6
4	60	55,1
5	75	72,0
6	90	90,0
7	105	108,0
8	120	124,9

Вычисленные углы u откладывайте от «12 ч» в обе стороны и обозначьте их: по часовой стрелке числами

На демонстрационной площадке Московского планетария вы познакомитесь с устройством и действием солнечных часов.



обладают существенным недостатком. В течение той части года, когда Солнце находится выше плоскости экватора (с марта по сентябрь), тень от указателя падает на верхнюю плоскость циферблата. Но осенью и зимой отсчет времени на таких часах приходится вести на нижней поверхности циферблата, что не совсем удобно.

13, 14, 15 и т. д., а против часовой стрелки числами 11, 10, 9 и т. д. Так же вычисляются углы *u*, соответствующие долям часа.

Указатель в виде стержня укрепите в центре циферблата под углом φ (равным широте места) к его плоскости над диаметром юг—север в сторону севера (так он будет направлен к северному полюсу мира, благодаря чему показания часов не зависят от склонения Солнца). Лучше, если вы сделаете указатель в виде треугольника с одним из углов, равным φ, и установите его на диаметре юг—север, так, чтобы одна из сторон треугольника была направлена из центра циферблата в сторону полюса мира.

Запомните, что часы, правильно ориентированные относительно сторон горизонта, показывают местное истинное солнечное время. Для того чтобы перейти к используемому в нашем быту счету времени, нужно к показаниям солнечных часов прибавить поправку

$\Delta t = \eta + \Delta t_1 + n - \lambda$,

где η — уравнение времени (см. *Измерение времени)*; Δt_1 — разница между временем в вашем городе и московским (целые часы); n — разница между московским и всемирным временем, равная 4 ч в апреле — сентябре (летнее время) и 3 ч в октябре — марте (декретное время, применяемое зимой), λ —географическая долгота вашего города, выраженная в единицах времени (1° = 4 мин).

Этого недостатка лишены горизонтальные солнечные часы. Их циферблат расположен параллельно плоскости горизонта, роль указателя играет дощечка в форме прямоугольного треугольника, один из острых углов которого равен широте места. Треугольник закрепляется перпендикулярно циферблату таким образом, чтобы его гипотенуза была направлена на полюс мира. Стрелкой горизонтальных солнечных часов служит край тени, отбрасываемой треугольником на циферблат. В Северном полушарии в полдень эта «стрелка» направлена на север.

Следует помнить, что солнечные часы показывают местное истинное солнечное время. Для того чтобы по ним определить поясное время, которое используется в быту, нужно к показаниям солнечных часов прибавить уравнение времени (см. *Измерение времени*) и поправку, переводящую местное время в поясное.

СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР

Самые внешние и наиболее горячие слои солнечной атмосферы — *солнечная корона* — как бы испаряются в межпланетное пространство. Таким образом, возникает поток вещества, текущего от Солнца, который представляет собой дующий от него плазменный ветер. Поток частиц составляет в среднем сотни миллионов частиц (главным образом протонов и электронов) через квадратный сантиметр за секунду. На расстоянии Земли этот ветер «обдувает» верхние слои земной атмосферы со скоростью около 450 км/с. В каждом кубическом сантиметре вещества, проносящегося мимо Земли, содержится в среднем 5 протонов и столько же электронов.

Солнечный ветер вытягивает далеко в межпланетное пространство силовые линии солнечных магнитных полей, концы которых прочно удерживаются солнечной атмосферой. Вращение Солнца придает силовой линии форму спирали. Вследствие этого общая структура *межпланетной среды* имеет вид спиральных секторов, причем в пределах каждого из этих секторов магнитное поле направлено приблизительно одинаково. Земная магнитосфера (см. *Магнитное поле Земли*) находится под постоянным воздействием солнечного ветра. Особенно заметно она реагирует на прохождение через границы секторов, когда резко меняются направление и величина напряженности магнитного поля в солнечном ветре, а также скорость и плотность потока плазмы. Под влиянием солнечного ветра магнитосфера Земли принимает характерную обтекаемую форму.

Земное магнитное поле защищает верхние слои земной атмосферы от непосредственного воздействия солнечного ветра. Тем не менее в областях высоких географических широт частицы солнечного ветра имеют возможность непосредственно проникать в верхние слои земной атмосферы. При этом они пополняют энергичными частицами области *радиационных поясов* и вызывают *полярные сияния*.

СОЛНЕЧНЫЙ ТЕЛЕСКОП

Для наблюдений *Солнца* используются специальные инструменты, называемые солнечными телескопами. Мощность излучения, приходящего от Солнца, в сотни миллиардов раз больше, чем от самых ярких звезд, поэтому в солнечных телескопах используют объективы с диаметрами не более метра, но и в этом случае большое количество света позволяет использовать сильное увеличение и работать, таким образом, с изображениями Солнца диаметром до 1 м. Для этого телескоп должен быть длиннофокусным. У крупнейших солнечных телескопов фокусное расстояние объективов достигает сотни метров. Такие длинные инструменты невозможно монтировать на параллактических установках (см. *Телескопы*), и обычно их делают неподвижными. Чтобы направить лучи Солнца в неподвижно расположенный солнечный телескоп, пользуются системой двух зеркал, одно из которых неподвижно, а второе, называемое целостатом, вращается так, чтобы скомпенсировать видимое суточное перемещение Солнца по небу. Сам телескоп располагают либо вертикально (башенный солнечный телескоп), либо горизонтально (горизонтальный солнечный телескоп). Удобство неподвижного расположения телескопа заключается еще и в том, что можно использовать большие приборы для анализа солнечного излучения (спектрографы, увеличительные камеры, различного типа светофильтры).

Помимо башенных и горизонтальных телескопов для наблюдений Солнца могут быть использованы обычные небольшие телескопы с диаметром объектива не более 20—40 см. Они должны быть снабжены специальными увеличительными системами, светофильтрами и камерами с затворами, обеспечивающими короткие экспозиции.

Для наблюдения солнечной короны применяют коронограф, позволяющий выделять слабое излучение короны на фоне яркого околосолнечного ореола, вызванного рассеянием фотосферного света в земной атмосфере. По своей сути это обычный рефрактор, в котором

рассеянный свет сильно ослабляется благодаря тщательному подбору высококачественных сортов стекла, высокому классу их обработки, специальной оптической схеме, устраняющей большую часть рассеянного света, и применению узкополосных светофильтров.

Для изучения солнечного спектра помимо обычных спектрографов широко используются специальные приборы — спектрогелиографы и спектрогелиоскопы, позволяющие получить монохроматическое изображение Солнца в любой длине волны.

СОЛНЦЕ

Солнце — центральное тело *Солнечной системы* — представляет собой очень горячий плазменный шар. Солнце — ближайшая к *Земле звезда.* Свет от него доходит до нас за $8^1/_3$ мин. Солнце решающим образом повлияло на образование всех тел Солнечной системы и создало те условия, которые привели к возникновению и развитию на Земле жизни.

Солнце, вероятно, возникло вместе с другими телами Солнечной системы из газопылевой туманности (см. *Космогония*) примерно 5 млрд. лет назад. Сначала вещество Солнца сильно разогревалось из-за гравитационного сжатия, но вскоре температура и давление в недрах настолько увеличились, что самопроизвольно начали происходить ядерные реакции. В результате этого очень сильно поднялась температура в центре Солнца, а давление в его недрах возросло настолько, что смогло уравновесить силу тяжести и остановить гравитационное сжатие. Так возникла современная структура Солнца. Эта структура поддерживается происходящим в его недрах медленным превращением водорода в гелий. За 5 млрд. лет существования Солнца уже около половины водорода в его центральной области превратилось в гелий. В результате этого процесса выделяется то количество энергии, которое Солнце излучает в мировое пространство.

Мощность излучения Солнца очень велика: она равна $3{,}8 \cdot 10^{20}$ МВт. На Землю попадает ничтожная часть солнечной энергии, составляющая около половины миллиардной доли. Она поддерживает в газообразном состоянии земную атмосферу, постоянно нагревает сушу и водоемы, дает энергию ветрам и водопадам, обеспечивает жизнедеятельность животных и растений. Часть солнечной энергии запасена в недрах Земли в виде каменного угля, нефти и других полезных ископаемых.

Видимый с Земли диаметр Солнца составляет около 0,5°, расстояние до него в 107 раз превышает его диаметр. Следовательно, диаметр Солнца равен 1 392 000 км, что в 109 раз больше земного диаметра.

Солнце представляет собой сферически симметричное тело, находящееся в равновесии. Всюду на одинаковых расстояниях от центра этого шара физические условия одинаковы, но они заметно меняются по мере приближения к центру. Плотность и давление быстро нарастают вглубь, где газ сильнее сжат давлением вышележащих слоев. Следовательно, температура также растет по мере приближения к центру. В зависимости от изменения физических условий Солнце можно разделить на несколько концентрических слоев, постепенно переходящих друг в друга.

В центре Солнца температура составляет 15 млн. градусов, а давление превышает сотни миллиардов атмосфер. Газ сжат здесь до плотности около $1{,}5 \cdot 10^5$ кг/м^3. Почти вся энергия Солнца генерируется в центральной области с радиусом примерно в $^1/_3$ солнечного. Через слои, окружающие центральную часть, эта энергия передается наружу. На протяжении последней трети радиуса находится конвективная зона. Причина возникновения перемешивания (конвекции) в наружных слоях Солнца та же, что и в кипящем чайнике: количество энергии, поступающее от нагревателя, гораздо больше того, которое отводится теплопроводностью. Поэтому вещество вынужденно приходит в движение и начинает само переносить тепло.

Все рассмотренные выше слои Солнца (1 и 2 на рисунке, с. 264) фактически ненаблюдаемы. Об их существовании известно либо из теоретических расчетов, либо на основании косвенных данных. Над конвективной

Фотография Солнца.

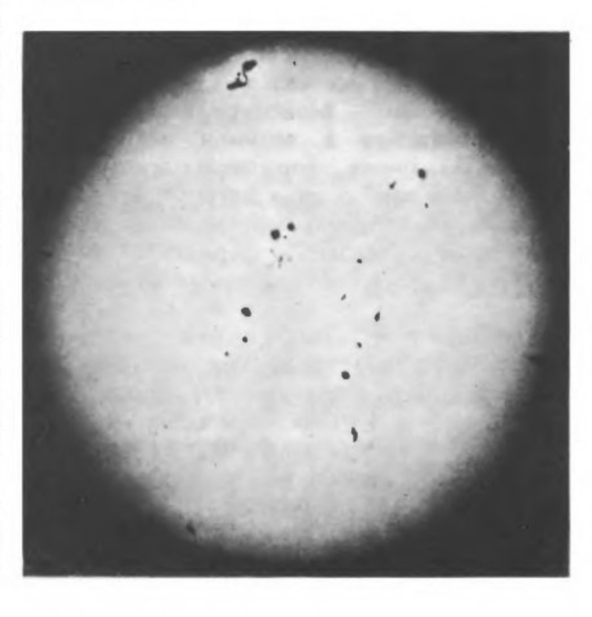


Схема строения Солнца. 1 — ядро; 2 — конвективная зона; 3 — фотосфера.



зоной располагаются непосредственно наблюдаемые слои Солнца, называемые его атмосферой. Они лучше изучены, так как об их свойствах можно судить из наблюдений.

Солнечная атмосфера также состоит из нескольких различных слоев. Самый глубокий и тонкий из них — фотосфера, непосредственно наблюдаемая в видимом непрерывном спектре. Толщина фотосферы всего около 300 км. Чем глубже слои фотосферы, тем они горячее. Во внешних, более холодных слоях фотосферы на фоне непрерывного спектра образуются фраунгоферовы линии поглощения.

Во время наибольшего спокойствия земной атмосферы в телескоп можно наблюдать характерную зернистую структуру фотосферы. Чередование маленьких светлых пятнышек — гранул — размером около 1000 км, окруженных темными промежутками, создает впечатление ячеистой структуры — грануляции. Возниновение грануляции связано с происходящей под фотосферой конвекцией. Отдельные гранулы на несколько сотен градусов горячее окружающего их газа, и в течение нескольких минут их распределение по диску Солнца меняется. Спектральные изменения свидетельствуют о движении газа в гранулах, похожих на конвективные: в гранулах газ поднимается, а между ними — опускается.

Эти движения газов порождают в солнечной атмосфере акустические волны, подобные звуковым волнам в воздухе.

Распространяясь в верхние слои солнечной атмосферы, волны, возникшие в конвективной зоне и в фотосфере, передают им часть механической энергии конвективных движений и производят нагревание газов последующих слоев атмосферы Солнца — хромосферы и короны. В результате верхние слои фотосферы с температурой около 4500 K оказываются самыми «холодными» на Солнце. Как вглубь, так и вверх от них температура газов быстро растет.

Расположенный над фотосферой слой, называемый хромосферой, во время полных сол-

нечных затмений в те минуты, когда Луна полностью закрывает фотосферу, виден как розовое кольцо, окружающее темный диск. На краю хромосферы наблюдаются выступающие как бы язычки пламени — хромосферные спикулы, представляющие собою вытянутые столбики из уплотненного газа. Тогда же можно наблюдать и спектр хромосферы, так называемый спектр вспышки. Он состоит из ярких эмиссионных линий водорода, гелия, ионизованного кальция и других элементов, которые внезапно вспыхивают во время полной фазы затмения. Выделяя излучение Солнца в этих линиях, можно получить в них его изображение. Справа (внизу) приведена фотография участка Солнца, полученная в лучах водорода (красная спектральная линия с длиной волн 656,3 нм). Для излучения в этой длине волны хромосферы непрозрачна, а потому излучение глубже расположенной фотосферы на снимке отсутствует.

Хромосфера отличается от фотосферы значительно более неправильной неоднородной структурой. Заметно два типа неоднородностей — яркие и темные. По своим размерам они превышают фотосферные гранулы. В целом распределение неоднородностей образует так называемую хромосферную сетку, особенно хорошо заметную в линии ионизованного кальция. Как и грануляция, она является следствием движений газов в подфотосферной конвективной зоне, только происходящих в более крупных масштабах. Температура в хромосфере быстро растет, достигая в верхних ее слоях десятков тысяч градусов.

Самая внешняя и очень разреженная часть солнечной атмосферы — корона, прослеживающаяся от солнечного лимба до расстояний в десятки солнечных радиусов. Она имеет температуру около миллиона градусов. Корону можно видеть только во время полного солнечного затмения либо с помощью коронографа.

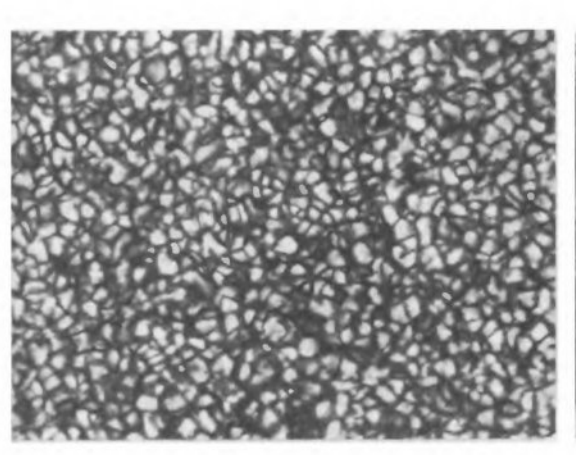
Вся солнечная атмосфера постоянно колеблется. В ней распространяются как вертикальные, так и горизонтальные волны с длинами в несколько тысяч километров. Колебания носят резонансный характер и происходят с периодом около 5 мин.

В возникновении явлений, происходящих на Солнце, большую роль играют магнитные поля. Вещество на Солнце всюду представляет собой намагниченную плазму. Иногда в отдельных областях напряженность магнитного поля быстро и сильно возрастает. Этот процесс сопровождается возникновением целого комплекса явлений *солнечной активности* в различных слоях солнечной атмосферы. К ним относятся факелы и пятна в фотосфере, флоккулы в хромосфере, протуберанцы в короне. Наиболее замечательным явлением, охватывающим все слои солнечной атмосферы и зарождающимся в хромосфере, являются солнечные вспышки.

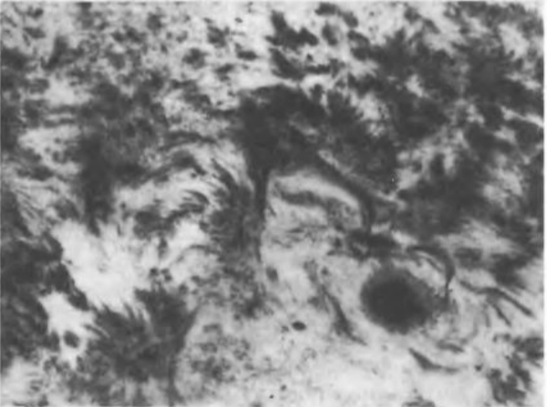
В ходе наблюдений ученые выяснили, что Солнце — мощный источник радиоизлучения. В межпланетное пространство проникают радиоволны, которые излучает хромосфера (сантиметровые волны) и корона (дециметровые и метровые волны).

Радиоизлучение Солнца имеет две составляющие — постоянную и переменную (всплески, «шумовые бури»). Во время сильных солнечных вспышек радиоизлучение Солнца возрастает в тысячи и даже миллионы раз по сравнению с радиоизлучением спокойного

Грануляция в солнечной фотосфере.



Фотография солнечной хромосферы в лучах красной водородной линии.



Солнца. Это радиоизлучение имеет нетепловую природу (см. *Радиоастрономия*).

Рентгеновские лучи исходят в основном от верхних слоев хромосферы и короны. Особенно сильным излучение бывает в годы максимума солнечной активности.

Солнце излучает не только свет, тепло и все другие виды электромагнитного излучения. Оно также является источником постоянного потока частиц — корпускул. Нейтрино, электроны, протоны, альфа-частицы, а также более тяжелые атомные ядра все вместе составляют корпускулярное излучение Солнца. Значительная часть этого излучения представляет собой более или менее непрерывное истечение плазмы — *солнечный ветер,* являющийся продолжением внешних слоев солнечной атмосферы — *солнечной короны.* На фоне этого постоянно дующего плазменного ветра отдельные области на Солнце являются источниками более направленных, усиленных, так называемых корпускулярных потоков. Скорее всего они связаны с особыми областями солнечной короны — коронарными дырами, а также, возможно, с долгоживущими активными областями на Солнце (см. *Солнечная активность*). Наконец, с солнечными вспышками связаны наиболее мощные кратковременные потоки частиц, главным образом электронов и протонов. В результате наиболее мощных вспышек частицы могут приобретать скорости, составляющие заметную долю скорости света. Частицы с такими большими энергиями называются солнечными *космическими лучами.*

Солнечное корпускулярное излучение оказывает сильное влияние на Землю, и прежде всего на верхние слои ее атмосферы и магнитное поле, вызывая множество интересных геофизических явлений.

СПЕКТРАЛЬНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ЗВЕЗД

По спектрам *звезд* астрономы изучают состав и строение звезд, физические процессы, протекающие в них, определяют расстояния до звезд и исследуют движение звезд в пространстве.

Спектры звезд впервые стали исследовать в начале XIX в. Однако в то время еще не были известны законы спектрального анализа (см. *Электромагнитное излучение небесных тел*). Лишь после открытия этих законов в середине XIX в. стали систематически наблюдать звездные спектры.

Первые наблюдения были визуальными, производились они с помощью спектроскопа. Применение фотографии во второй половине XIX в. открыло широкую дорогу спектральным исследованиям. Фотопластинка, помещенная в телескопе, перед объективом которого ставили призму, регистрировала сотни звездных спектров за одну экспозицию.

На основе многочисленных снимков спектров звезд, полученных в США на Гарвардской обсерватории, в начале XX в. была разработана детальная классификация звездных спектров. С небольшими изменениями она применяется и в настоящее время. Эта классификация звездных спектров называется гарвардской. Отдельные классы звезд обозначаются в ней буквами. Подклассы в каждом спектральном классе нумеруются цифрами от 0 до 9 после буквы, обозначающей класс. В классе O подклассы начинаются с O5. Последовательность спектральных классов отражает непрерывное падение температуры звезд по мере перехода к все более поздним спектральным классам. Она выглядит следующим образом:

O — B — A — F — G — K — M.

В спектральном классе M имеется разветвление, указывающее на три немногочисленные группы холодных звезд спектральных классов R, N и S.

Подавляющее большинство звезд относится к последовательности от O до M. Эта последовательность непрерывна: характеристики звезд плавно изменяются при переходе от одного класса к другому.

Гарвардская спектральная классификация звезд основана на виде и числе спектральных линий. В обычном звездном спектре, как и в спектре *Солнца,* они выглядят темными линиями на светлом фоне непрерывного спектра. Линии принадлежат различным химическим элементам. Их вид в спектре обусловлен в основном температурой звезды. Приведем ниже более подробное описание спектральных классов и назовем яркие звезды, являющиеся типичными представителями их.

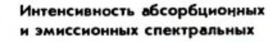
Класс O — самые горячие звезды во Вселенной. Температура (T) их поверхности — в среднем около 40 000 K. В их спектрах основными линиями являются слабые линии водорода и ионизованного и нейтрального гелия. Пример: δ, λ и ε Ориона.

Класс B — менее горячие звезды. $T \approx 15\,000$ K. Линии водорода и гелия более четки, чем в классе O. Пример: Спика.

Класс A характеризуется интенсивными широкими линиями водорода, линий гелия нет, появляются слабые линии металлов. $T \approx 8500$ K. Пример: Вега, Сириус.

Класс F — линии водорода стали слабее, чем у класса A, много линий ионизованных металлов, в частности железа. $T \approx 6600$ K. Пример: Канопус, Процион.

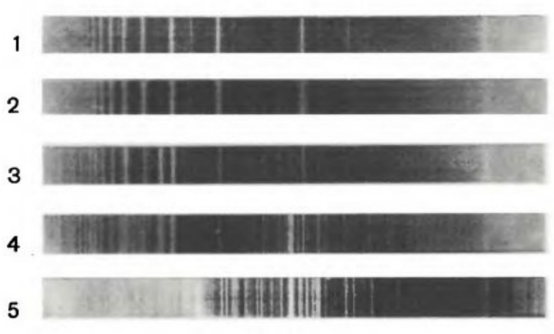
Класс G — звезды со спектром, подобным солнечному. $T \approx 5500$ K. Пример: Капелла, альфа Центавра, Солнце.



Интенсивность абсорбционных и эмиссионных спектральных линий в звездах различных спектральных классов.



Типы звездных спектров: 1) HD 461061 (B2); 2) γ Большой Медведицы (АО); 3) 45 Волопаса (F5); 4) 16 Лебедя (G2); 5) 61 Лебедя (K5).



Класс K — звезды, более холодные, чем Солнце. T≈4100 K. Линии водорода очень слабы, линии нейтральных металлов усилены, видны слабые полосы молекул CH и CN. Примеры: Арктур.

Класс M — самые холодные звезды. T≈≈2800 K. Интенсивны линии металлов, а также полосы молекул (особенно окиси титана). В классах R и N видны темные полосы углерода и циана, а в классе S — окиси циркония. Примеры: Бетельгейзе, Антарес, Мира Кита.

Интенсивность спектральных линий в различных классах хорошо видна на рисунке (с. 267), где по горизонтальной оси отложены спектральные классы, а по вертикальной — интенсивности линий различных химических элементов.

Хотя спектральная классификация звезд основана на характеристиках спектральных линий, непрерывный спектр, на фоне которого эти линии наблюдаются, также существенно изменяется при переходе от класса O к классу M. У горячих звезд O и B усилена синяя часть спектра и слаба красная; звезды F и G имеют наибольшую интенсивность излучения в желтых лучах, а звезды M светят преимущественно в красной области и крайне мало излучают в синей. В соответствии с этим изменяется цвет звезд: O и B — голубоватые звезды, A — белые, F и G — желтые, K — красноватые (оранжевые), M — красные.

Классификация, рассмотренная выше, является одномерной, так как основной характеристикой, учитываемой в ней, является температура звезды. Но среди звезд одного и того же спектрального класса есть звезды-гиганты и звезды-карлики (см. *Звезды*). Они различаются по плотности газа в атмосфере, площади поверхности, светимости. Эти различия отражаются на спектрах звезд.

В 1953 г. была разработана новая, уточненная двумерная классификация звезд. По этой классификации у каждой звезды кроме спектрального класса указывается еще класс светимости. Он обозначается римскими цифрами от I до V. Цифра I относится к сверхгигантам, II—III — к гигантам, IV — к субгигантам, и цифра V характеризует карлики. В этой новой классификации спектральный класс звезды Веги выглядит как AOV, Бетельгейзе — M21, Сириуса — AIV. Новая классификация позволяет определять расстояния до звезд по их спектрам и видимым звездным величинам. Сейчас она является общепринятой и широко используется в астрономии.

В настоящее время известны спектральные классы многих сотен тысяч звезд. Изданы объемистые каталоги спектров звезд. Работы по спектральной классификации звезд широко и успешно ведутся в СССР.

Все сказанное выше относится к нормальным звездам. Однако во Вселенной есть великое множество нестандартных звезд с необычными спектрами. К ним относятся прежде всего так называемые эмиссионные звезды. Для их спектров характерны не только темные (или абсорбционные) линии, но и светлые линии излучения, более яркие, чем непрерывный спектр. Такие линии называются эмиссионными. Присутствие в спектре звезды эмиссионных линий обозначается буквой «e» после спектрального класса. Так, имеются звезды Be, Ae, Me. Наличие в спектре звезды O определенных эмиссионных линий обозначается как Of. Существуют необычные звезды, открытые французскими астрономами Вольфом и Райе. Спектры этих звезд состоят из широких эмиссионных полос на фоне слабого непрерывного спектра. Их обозначают WC и WN, в гарвардскую классификацию они не укладываются. В последнее время были открыты инфракрасные звезды, которые в видимой области спектра очень мало или совсем не излучают; почти всю свою энергию они излучают в невидимой инфракрасной области спектра. Их температура не превышает 1800 K.

«СПЕКТР — СВЕТИМОСТЬ» ДИАГРАММА

Наблюдения звезд позволяют определить такие две их основные характеристики, как *светимость* и спектральный класс (см. *Спектральная классификация звезд*). На основании этих данных можно построить следующую диаграмму: по вертикальной оси откладывается светимость, а по горизонтальной — спектральный класс. Каждая звезда на диаграмме изображается точкой. При этом оказывается, что звезды располагаются не хаотически, а образуют определенные линии, или последовательности. На участках диаграммы вне этих последовательностей звезд практически нет.

Впервые диаграмма «спектр — светимость» была построена и изучена в начале нашего века датским ученым Э. Герцшпрунгом и американским астрофизиком *Г. Ресселлом*. Поэтому она называется обычно диаграммой Герцшпрунга — Ресселла.

Иногда по осям диаграммы откладывают другие величины. Светимость звезды можно выразить через абсолютную звездную величину, а спектральный класс можно связать с температурой звезды. Вместо спектрального класса или температуры часто используют показатель цвета (см. *Звездные величины*). На современной диаграмме Герцшпрунга — Ресселла выделяются следующие последовательности. От верхнего левого угла к правому нижнему проходит главная последовательность, на которой находится подавляющее большинство всех звезд. Последовательность начинается от горячих голубых звезд с температурой 30 000—50 000 K и с оптической светимостью в 10 000 раз больше светимости *Солнца* (например, Спика), проходит через белые звезды (Сириус A), желтовато-белые (Процион), желтые (Солнце), оранжевые (τ Кита) и заканчивается красными карликами с температурой 3000—4000 K, которые слабее Солнца в 1000 раз (Крюгер 60). Выше главной последовательности расположены красноватые субгиганты, а затем желтые, оранжевые и красные гиганты, имеющие большие размеры и соответственно высокие светимости (Капелла, Арктур, Альдебаран). В самой верхней части диаграммы проходит ветвь сверхгигантов, светимости которых в десятки и сотни тысяч раз больше светимости Солнца (Ригель, Бетельгейзе). Но таких звезд очень немного. Чуть ниже главной последовательности параллельно ей проходит ветвь субкарликов. И наконец, в самой нижней части диаграммы отдельной группой располагаются *белые карлики* — очень плотные, маленькие и горячие звезды (например, Сириус B).

В процессе эволюции звезды меняют свое положение на диаграмме «спектр — светимость», перемещаясь из одной группы в другую. Большую часть жизни звезда проводит

ГЕНРИ НОРРИС РЕССЕЛЛ (1877—1957)



Научная деятельность американского астронома Генри Норриса Ресселла протекала в Принстоне, на северо-востоке США: в 1900 г. он окончил Принстонский университет, а с 1911 г. был здесь профессором астрономии и с 1912 г. директором обсерватории. Ему принадлежат крупные заслуги в изучении звезд.

Длительное время Ресселл исследовал связь между спектрами звезд (см. *Спектральная классификация звезд*) и их светимостями. Оказалось, что белые и голубые, т. е. самые горячие, звезды характеризуются и огромной светимостью. Звезды желтые и красные резко разделяются на две группы: звезды-гиганты с большой светимостью, в сотни и тысячи раз большей, чем у Солнца, и звезды-карлики со сравнительно малой светимостью, такой, как у Солнца, или меньшей.

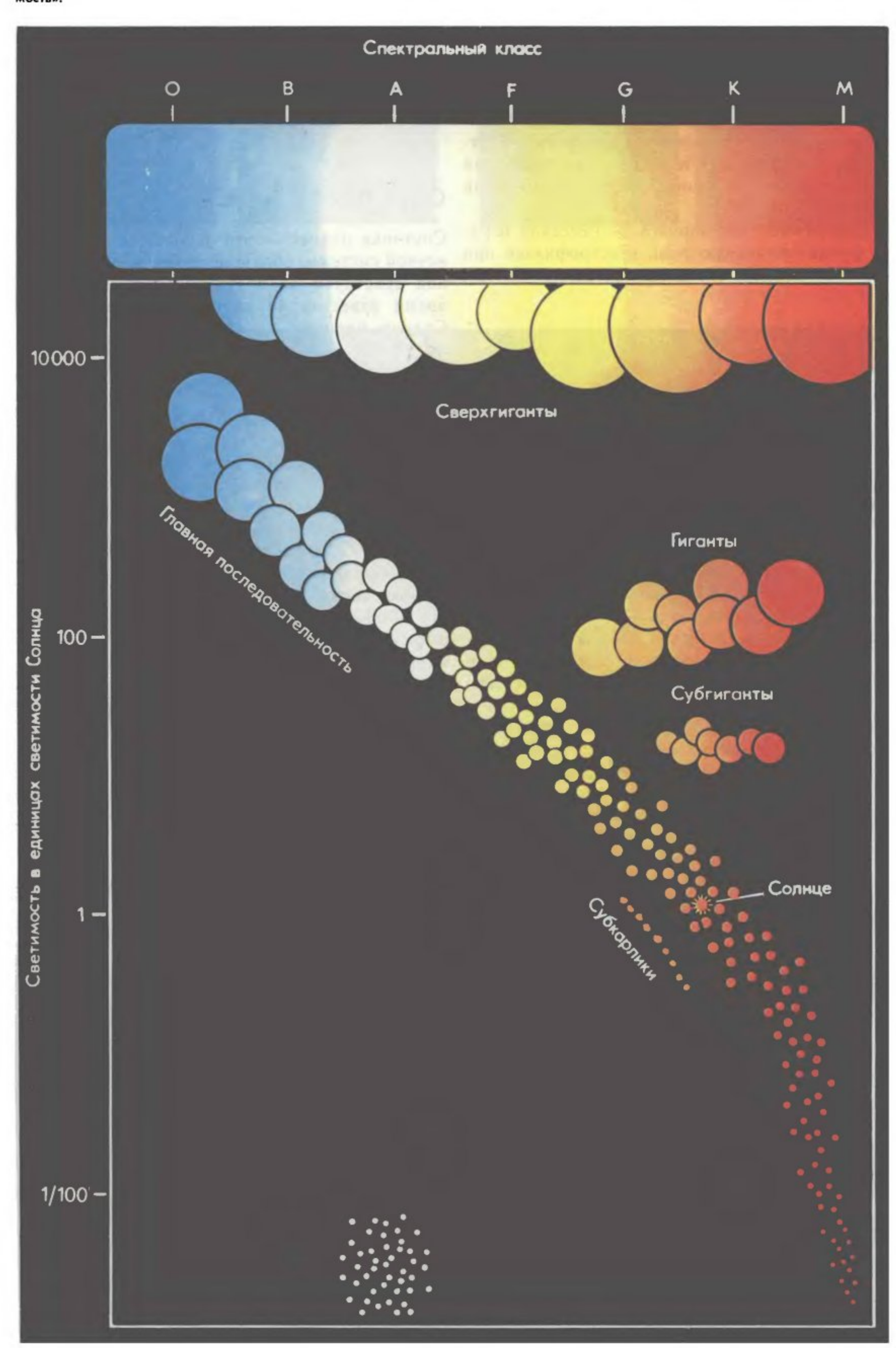
В 1913 г. Ресселл и датский астроном Герцшпрунг независимо друг от друга исследовали зависимость между спектрами звезд и их светимостью (см. *«Спектр — светимость» диаграмма*). Эта зависимость играет важную роль в изучении звездного мира. Она все время дополняется и исправляется в свете новых данных.

Ресселл — основоположник современных представлений о природе и путях развития звезд. Он считал, что звезды с разными спектрами находятся на разных стадиях развития. На основании диаграммы «спектр — светимость» Ресселл сформулировал теорию эволюции звезд, согласно которой основным источником энергии звезды является ее гравитационное сжатие (см. *Звезды*).

Ресселл много работал и в других областях астрономии, особенно в области космогонии Солнечной системы. Он создал общую теорию затменных переменных звезд, позволившую вычислить элементы орбиты и параметры компонентов двойных систем (см. *Двойные звезды*).

Ресселл определил содержание химических элементов в атмосфере Солнца.

Диаграмма «спектр — светимость».



на главной последовательности. Справа и вверх от главной последовательности располагаются как самые молодые звезды, так и звезды, далеко продвинувшиеся по своему эволюционному пути. Белые карлики представляют собой звезды, находящиеся на заключительной стадии развития.

В астрономии часто используется диаграмма «спектр — светимость», построенная отдельно для шаровых и рассеянных скоплений звезд, а также различных звездных населений Галактики.

Диаграмма Герцшпрунга — Ресселла играет фундаментальную роль в астрофизике при изучении звезд и звездных систем.

СПЕЦИАЛЬНАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ АН СССР

Специальная астрофизическая обсерватория — астрономическое научно-исследовательское учреждение Академии наук СССР — расположена на Северном Кавказе, в Карачаево-Черкесской автономной области, недалеко от станицы Зеленчукской на высоте 2100 м над уровнем моря.

Обсерватория была основана в 1966 г. Два ее основных инструмента — крупнейший в мире оптический телескоп на альтазимутальной установке с диаметром зеркала 6 м и крупнейший в мире *радиотелескоп* (РАТАН-600). Оптический телескоп был разработан и изготовлен в Ленинграде на оптико-механическом объединении им. В. И. Ленина (ЛОМО) под руководством Героя Социалистического Труда, лауреата Ленинской премии Б. К. Иоаннисиани. Общий вес телескопа вместе с установкой — 950 т. Его высота — 42 м.

Для перемещения телескопа по высоте и азимуту и наведения его на заданный участок неба создана специальная система, включающая электронно-вычислительные устройства. С помощью этого телескопа можно наблюдать звезды 25-й звездной величины.

В 40 км от большого телескопа установлен радиотелескоп Академии наук СССР — громадное сооружение, состоящее из 895 алюминиевых прямоугольников — зеркал, каждое высотой 7,4 м, а шириной 2 м. Зеркала образуют кольцевую радиоантенну, улавливающую радиосигналы из глубин *Вселенной.*

Длина всей системы — 1800 м, а диаметр антенного круга — 600 м. Металлические фермы, поддерживающие зеркала, позволяют им поворачиваться вокруг вертикальной и горизонтальной осей, выдвигаться вперед, что и дает возможность наводить радиотелескоп на выбранный участок неба.

Для обоих телескопов приняты программы наблюдений, предусматривающие очень тонкие исследования самых разнообразных небесных объектов: планет, Солнца и других звезд, межзвездной среды, квазаров, различного типа галактик, в том числе протогалактик, представляющих собой скопление вещества, из которого образуются галактики, и т. д.

СПУТНИКИ ПЛАНЕТ

Спутники планет — это небольшие тела *Солнечной системы,* обращающиеся вокруг планет под действием их притяжения. В настоящее время известно 44 спутника. Ближайшие к Солнцу планеты — *Меркурий* и *Венера* не имеют естественных спутников. *Земля* имеет единственный естественный спутник — *Луну.*

Спутники *Марса* — Фобос и Деймос отличаются своей близостью к планете и весьма быстрым движением. В течение марсианских суток Фобос дважды восходит и дважды заходит. Деймос перемещается по небосводу медленнее: с момента его восхода над горизонтом до захода проходит более двух с половиной суток. Оба спутника Марса движутся почти точно в плоскости его экватора. С помощью космических аппаратов установлено, что Фобос и Деймос имеют неправильную форму и в своем орбитальном движении остаются повернутыми к планете всегда одной и той же стороной. Размеры Фобоса составляют около 27 км, а Деймоса — около 15 км. Поверхность спутников Марса состоит из очень темных минералов с низким *альбедо* и покрыта многочисленными кратерами. Один из них — на Фобосе — имеет поперечник около 5,3 км. Кратеры, вероятно, рождены метеоритной бомбардировкой.

Средняя плотность массы Фобоса (определена по гравитационному возмущению траектории орбитального космического аппарата «Викинг») составляет около 2 г/см^3. Угловая скорость орбитального движения Фобоса настолько велика, что он, обгоняя осевое вращение планеты, восходит, в отличие от других светил, на западе, а заходит на востоке.

Система спутников *Юпитера* самая многочисленная. Из 16 обращающихся вокруг Юпитера спутников 4 были открыты *Г. Галилеем* — это Ио, Европа, Ганимед и Каллисто. Два из них по размеру сравнимы с Луной, а третий и четвертый даже больше Меркурия, хотя по массе они значительно уступают ему. Эти четыре спутника являются объектами 5—6-й звездной величины, и их можно наблюдать в любой телескоп или бинокль. Остальные спутники гораздо слабее. По сравнению с другими спутниками галилеевские исследованы более детально. Так, на основании результатов тщательных наблюдений изменений блеска и цвета

Спутники Юпитера (слева направо): Амальтея, Европа, Ганимед, Каллисто. Снимки с космических аппаратов «Вояджер».






Вид на Марс со спутника Фобос. Фотомонтаж двух снимков, полученных с космических аппаратов «Викинг».

спутников установлено, что у всех у них осевое вращение синхронно с орбитальным, поэтому они всегда обращены к Юпитеру одной стороной. При очень хороших атмосферных условиях можно различить диски этих спутников и даже заметить некоторые детали на поверхности. Новые сведения о спутниках Юпитера были получены с автоматических межпланетных станций «Вояджер-1» и «Вояджер-2» (США). На поверхности Ио были обнаружены 7 действующих вулканов. Признаки извержения отчетливо видны на снимках: над вулканом вздымается светлый веер продуктов извержения, выбрасываемых на высоту многих десятков километров. Шесть вулканов продолжали действовать через 4 месяца, когда через систему спутников Юпитера пролетала вторая из упомянутых межпланетных станций.

Поверхность Ио — красноватого цвета, с белыми и черными пятнами. Полагают, что это отложения серы из ее вулканических паров, белый «снег» сернистого ангидрида SO_2 и черный вулканический пепел. Вулканическая активность позволяет объяснить другую уникальную особенность Ио — наличие паров натрия вдоль всей орбиты этого спутника в результате потерь вещества из-за недостаточно сильного гравитационного поля.

Не менее интересными оказались новые сведения о других крупных спутниках Юпитера. На Европе вся поверхность «залита» толстой ледяной корой, которая покрыта сетью трещин, но лишена выступов или впадин высотой более нескольких десятков метров. Поверхность Каллисто испещрена кратерами в значительно большей степени, чем поверхность Луны или других исследованных небесных тел. Это как бы эталонный образец самой древней сохранившейся поверхности, которая подвергалась интенсивной метеоритной «бомбардировке».

Среди всех галилеевских спутников Юпитера выделяется Ганимед, который по своему диаметру (5260 км) является крупнейшим из всех спутников планет в Солнечной системе. Он превосходит по своим размерам планету Меркурий, хотя уступает ей по массе. В наружных слоях Ганимеда присутствует лед (судя по спектру поверхности и по особенностям дна метеоритных кратеров). Тем не менее на снимках видны детали рельефа, свидетельствующие о движениях коры Ганимеда в процессе его геологической эволюции. Там образовались складки, отдельные горные хребты и весьма загадочные светлые полосы, состоящие из пучков параллельных борозд между участками с обилием кратеров.

Все остальные спутники Юпитера значительно меньше, чем галилеевские, имеют неправильную форму и поперечник от 10 до 270 км. Крупнейший из них — Амальтея (5-й спутник; заметим, что нумерация спутников планет ведется в хронологической последовательности их открытия, а не в порядке их удаленности от планеты). На снимках с космических аппаратов «Вояджер» были открыты 14-й, 15-й и 16-й спутники Юпитера. Они не самые мелкие, но с Земли их наблюдать чрезвычайно трудно, поскольку расположены эти слабые объекты весьма близко к планете.

Система спутников Юпитера имеет своеобразную структуру. Орбиты восьми ближайших к Юпитеру спутников (в том числе галилеевских) имеют почти круговую форму, расположены в плоскости экватора планеты и удалены от центра системы на расстояние от 2 до 27 радиусов Юпитера. Между орбитами этих и остальных спутников Юпитера находится относительно широкий промежуток. За его пределами расположены еще 8 спутниковых орбит, которые имеют заметную эллиптичность и лежат приблизительно в плоскости планетной системы, а не экватора планеты. Они резко разделяются на два семейства. Одно соответствует орбитам четырех малых тел на средних расстояниях от Юпитера в относительно узком диапазоне, 160—168 радиусов планеты. Второе семейство орбит малых спутников расположено почти вдвое дальше от Юпитера. Там находятся четыре внешних спутника, которые — в отличие от всех остальных в системе Юпитера — движутся по своим орбитам в направлении, противоположном направлению обращения других спутников.

Кроме спутников Юпитер окружен очень слабо светящимся пылевым кольцом. Оно было обнаружено на снимках, сделанных «против света», т. е. когда Солнце светило почти в объектив телевизионной камеры «Вояджера-2». Кольцо вокруг Юпитера — плоское и чрезвычайно тонкое, а его ширина (приблизительно 6,4 тыс. км) очень мала по сравнению с его радиусом по внешней границе (125 тыс. км). Кольцо Юпитера по своей ширине и по яркости сильно уступает мощно развитой плоской системе колец, опоясывающих планету Сатурн.

У планеты *Сатурн* в настоящее время известны 17 спутников. Самый внешний спутник — Феба — обращается вокруг Сатурна в направлении, противоположном движению всех остальных спутников. В справочниках, изданных всего лишь несколько лет назад, было указано, что у Сатурна 10 спутников. Наблюдения с межпланетных станций «Вояджер» подтвердили существование одиннадцатого и позволили обнаружить еще шесть. Получены первые «портреты» нескольких крупных и мелких спутников Сатурна.

Космическая техника предоставила астрономам редкую возможность исследовать Титан — крупнейший спутник Сатурна и один из величайших спутников в Солнечной системе. Его диаметр (5150 км) почти такой

же, как диаметр Ганимеда. Оказалось, что Титан окружен довольно плотной атмосферой, которая состоит из азота и метана с примесью аргона и молекулярного водорода. Давление в этой атмосфере на уровне поверхности Титана, по предварительным оценкам, приблизительно в полтора раза больше, чем давление воздуха возле поверхности Земли. На снимках с «Вояджера» поверхность Титана скрыта плотной розовой дымкой из мелких капель или кристаллов, взвешенных в атмосфере этого спутника.

Спутники *Урана* — Миранда, Ариэль, Умбриэль, Титания и Оберон обращаются по орбитам, плоскости которых практически совпадают между собой. Вся система в целом отличается необычайным наклоном — ее плоскость почти перпендикулярна к средней плоскости всех планетных орбит. Кроме спутников вокруг Урана движется множество мелких частиц, образующих своеобразные кольца, совсем, однако, не похожие на кольца Сатурна.

У *Нептуна* всего два спутника. Первый — Тритон, открытый в 1846 г., через две недели после открытия самого Нептуна. По размерам и массе он больше Луны. Имеет обратное направление орбитального движения. Второй спутник — Нереида — очень небольшой, обладает сильно вытянутой орбитой. Расстояние спутника от планеты меняется в пределах от 1,5 до 9,6 млн. км. Направление орбитального движения — прямое.

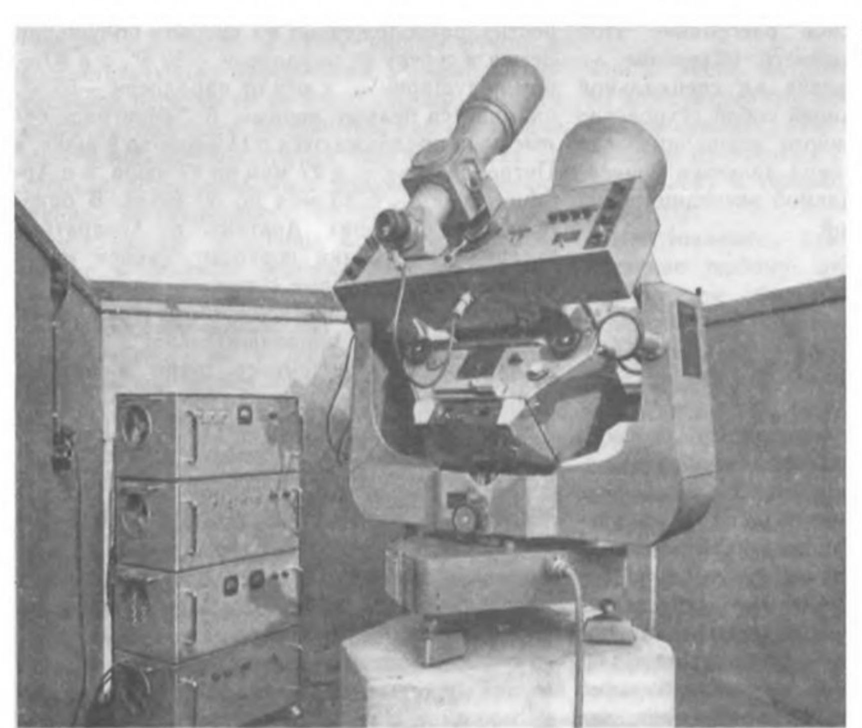
У планеты *Плутон* также удалось обнаружить в 1978 г. спутник — Хирон. Это открытие имеет большое значение, во-первых, потому что дает возможность более точно вычислить массу планеты по данным о периоде обращения спутника и, во-вторых, в связи с дискуссией о том, не является ли сам Плутон «потерявшимся» спутником Нептуна.

Вопрос о происхождении наблюдаемых систем спутников планет является одним из узловых вопросов современной *космогонии.*

СПУТНИКОВАЯ ФОТОГРАФИЧЕСКАЯ КАМЕРА

Спутниковая фотографическая камера — фотографический телескоп для наблюдений искусственных спутников Земли. В отличие от других типов фотографических телескопов спутниковые фотокамеры снабжаются устройством для точной регистрации момента наблюдений (с точностью до долей миллисекунды). Поскольку спутники, как правило, представляют собой слабосветящиеся объекты (или, как говорят астрономы, «слабые светила»), то для получения почернения на фотоэмульсии необходима довольно продолжительная экспозиция (секунды, а иногда и минуты). Чтобы изображение спутника, быстро движущегося по небу, не ползло по фотоэмульсии (иначе даже при длительной экспозиции изображения спутника не получатся); кассета с фотопленкой (или фотопластинкой) в спутниковых фотокамерах может перемещаться вслед за движущимся изображением спутника. Это вторая особенность таких фотокамер.

В других конструкциях спутниковых фото-



Спутниковая фотографическая камера АФУ-75.

камер изображение спутника удерживается на одном и том же месте фотоэмульсии вращением всей камеры («слежением») за спутником. Для этого камера снабжается монтировкой (штативом), имеющей 3—4 оси вращения; такая монтировка позволяет легко наводить камеру на спутник.

Существуют разные конструкции спутниковых фотокамер, предназначенные для наблюдений спутников в стационарных условиях на обсерваториях, а также для наблюдений в экспедициях.

В нашей стране была создана большая спутниковая камера ВАУ, отличающаяся высокой проницающей способностью. Зеркально-линзовый объектив этой камеры создан советским оптиком Д. Д. Максутовым. Диаметр главного зеркала у этой камеры — 107 см, диаметр входного отверстия и коррекционной линзы — 70 см, фокусное расстояние — 70 см. Фотографирование производится на длинную фотопленку размером 6×36 см. Фотокамера ВАУ, одна из самых крупных в мире, позволяет фотографировать очень слабые спутники и межпланетные станции на расстоянии многих десятков тысяч километров. Такими камерами оборудованы Звенигородская экспериментальная станция наблюдений спутников Астрономического совета Академии наук СССР и обсерватория Института астрофизики Академии наук Таджикской ССР в Душанбе.

Многие станции оптических наблюдений искусственных спутников Земли (как в СССР, так и за рубежом) оснащены советской камерой АФУ-75. Фокусное расстояние этой камеры — 73,6 см, диаметр объектива — 21 см. Камера установлена на специальной платформе, представляющей собой устройство для отслеживания суточного вращения звезд в течение 2—3 мин. Камера является универсальной, легко перемещаемой экспедиционной спутниковой фотокамерой.

СУМЕРКИ

Сумерки — плавный переход от светлого времени суток к ночи вечером и обратно — утром; оптическое явление в атмосфере Земли, когда погружение Солнца под горизонт невелико и оно подсвечивает верхние слои атмосферы. Это создает на поверхности Земли рассеянное, сумеречное освещение. Продолжительность сумерек определяется промежутком времени между заходом Солнца за горизонт и моментом, когда необходимо прибегать к искусственному освещению; она зависит главным образом от географической широты места наблюдения и склонения Солнца, т. е. положения его в данный день года на эклиптике.

Для практических целей сумерки условно разделяют на гражданские, навигационные и астрономические.

Под гражданскими сумерками понимают период времени от захода за горизонт верхнего края солнечного диска до того момента, пока погружение Солнца под горизонт не превышает 6—7°. В эту наиболее светлую пору сумерек на открытой местности можно выполнять любые работы, писать и читать. Навигационные сумерки продолжаются до момента, когда Солнце оказывается погруженным под горизонт на 12°; астрономические — до погружения Солнца на 18°. В течение навигационных сумерек лоцман сохраняет возможность ориентироваться вблизи берегов по местным предметам без сигнальных огней, а в течение астрономических сумерек на ясном небе еще остается слабый отблеск зари.

Самые короткие сумерки на экваторе, где Солнце восходит и заходит перпендикулярно к горизонту. В средних широтах продолжительность сумерек по сравнению с районами близ экватора увеличивается.

Летом в районах, примыкающих к полярным кругам, погружение Солнца под горизонт даже в полночь бывает настолько небольшим, что вечерние гражданские сумерки переходят в утренние без обычного периода ночной темноты. Это явление, наблюдаемое в местностях, расположенных в Северном полушарии Земли к северу от параллели +59,5°, а в Южном полушарии — к югу от параллели —59,5°, называется белыми ночами. В Ленинграде белые ночи продолжаются с 11 июня по 2 июля, в Петрозаводске — с 27 мая по 17 июля, а в Архангельске — с 13 мая по 30 июля. В близполюсных районах Арктики и Антарктики весенний и осенний периоды сумерек могут продолжаться круглые сутки.

Помимо географической широты и склонения Солнца реальная продолжительность сумерек в данном пункте земного шара в данный день года зависит от рельефа местности, облачности, снежного покрова, лунного освещения и других факторов. Продолжительность сумерек может увеличиваться за счет повышения мутности верхних слоев атмосферы при вулканических извержениях.

Т

ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ ТЕЛЕСКОП

Телевизионный телескоп — *телескоп,* в котором изображение космических объектов регистрируется с помощью телевизионной техники. Появился в 50-х гг. XX в.

В настоящее время применяются телевизионные астрономические системы двух основных типов: космические и наземные. Космические телевизионные системы предназначены для передачи изображений небесных объектов с борта космического аппарата на Землю. Эти системы включают в себя передающее устройство и чувствительные наземные радиоантенны. Наземные системы предназначены для изучения различных небесных тел, наблюдаемых с помощью оптических телескопов, установленных на Земле. Главная задача наземных телевизионных систем — усиливать яркость и контрастность изображений слабосветящихся объектов.

В телевизионном телескопе изображение, создаваемое оптической системой телескопа, поступает на фотокатод приемной телевизионной трубки. Затем, как и в любой телевизионной системе, это изображение строка за строкой «считывается» электронным лучом, и соответствующая информация в форме видеосигналов передается по специальным каналам связи на приемное устройство, где на экране электронно-лучевой трубки так же строка за строкой воспроизводится полученное изображение. В зависимости от типа фотокатода телевизионные телескопы могут работать не только в видимом диапазоне электромагнитных волн, но также и в инфракрасных и ультрафиолетовых лучах.

Полученное на экране приемной трубки изображение может быть сфотографировано.

Применяемые в астрономии телевизионные системы по сравнению с другими приемниками излучения обладают рядом существенных преимуществ. Одно из них состоит в том, что изображение изучаемого объекта можно передавать на значительные расстояния с помощью кабельных линий связи или по радио. Изображение на экране кинескопа можно по желанию наблюдателя уменьшать или увеличивать, плавно регулировать его яркость и контрастность. Чрезвычайно важной особенностью телевизионных астрономических систем является их способность в случае наблюдения неподвижного объекта в течение длительного времени накапливать изображение в виде электрических зарядов. Благодаря этому удается получать изображения очень слабых небесных светил, а также выявлять у изучаемых протяженных объектов различные малозаметные детали.

Но главное преимущество телевизионных астрономических систем состоит в том, что они позволяют автоматизировать процесс накопления информации, получать, вводить в ЭВМ и оперативно обрабатывать ее.

В последние годы на крупных телескопах стали все более широко применяться сверхчувствительные телевизионные камеры, обеспечивающие регистрацию объектов на несколько звездных величин более слабых, чем те, которые могут быть зафиксированы с помощью фотопластинок.

Телевизионные телескопы применяются при фотометрических наблюдениях, наблюдениях *планет* и *туманностей,* поисках и изучении объектов с быстрыми изменениями блеска, частности вспышек *сверхновых звезд,* наблюдениях *искусственных спутников* Земли, *малых планет и комет, метеоров, Солнца,* а также при определении координат далеких космических объектов.

ТЕЛЕСКОП САМОДЕЛЬНЫЙ

Чтобы вести астрономические наблюдения, вы можете сделать телескоп сами. В этой статье мы расскажем, как изготовить телескоп-рефрактор из очковых стекол (для начинающих любителей) и телескоп-рефлектор (для более опытных).

Изготовление самодельного *рефрактора* доступно любому школьнику. Прежде всего приобретите *объектив* и *окуляр.* В качестве объектива можно использовать два стекла для очков (мениски) по +0,5 диоптрии, расположив их выпуклыми сторонами одно наружу, а другое внутрь на расстоянии 30 мм одно от другого. Между ними поставьте диафрагму с отверстием диаметром около 30 мм. Объективом может служить и насадочная линза для фотоаппаратов типа «Смена», «Зоркий» в +1 диоптрию.

Для окуляра возьмите сильную лупу (5—10-кратную) небольшого диаметра. Такой телескоп обеспечит увеличение в 20—40 раз.

Трубу телескопа, в которой укрепляется объектив, можно сделать из бумаги; можно подобрать металлическую или пластмассовую

трубку. Из такого же материала изготовляется выдвижная трубка меньшего диаметра для окуляра.

Главную трубу A делайте сантиметров на десять короче фокусного расстояния объектива. Длина окулярной трубки B около 40 см. Чтобы наводить телескоп на фокус («на ясное зрение»), окулярная трубка должна плотно, на трении, вдвигаться и выдвигаться.

Линзу объектива C укрепите в передней части трубы с помощью оправы D, состоящей из 2 картонных колец с разрезом и 2 коротких бумажных трубок чуть меньшего диаметра, чем линза. С помощью этих трубок линза плотно зажимается между кольцами (рис. 1).

Чтобы было удобнее вести наблюдение, изготовьте для телескопа штатив. Проще всего сделать деревянный азимутальный штатив, на котором труба поворачивается вокруг двух осей: вертикальной и горизонтальной. Трубу на другом конце горизонтальной оси уравновесьте грузом. Чтобы не приходилось поддерживать все время трубу рукой, сделайте стопорный винт, а еще лучше два: для вертикальной и горизонтальной осей (рис. 2).

С помощью сделанного вами рефрактора вы можете наблюдать горы на *Луне,* кольца *Сатурна,* фазы *Венеры,* диск *Юпитера* и 4 его спутника, *двойные звезды,* некоторые звездные скопления — Плеяды, Ясли. Солнечные пятна наблюдайте, проецируя изображение *Солнца* на экран — лист белой бумаги, защитив его от прямых лучей Солнца куском картона с отверстием посредине, надетым на трубу.

Если любитель астрономии терпелив и у него умелые руки, он может изготовить телескоп-рефлектор с диаметром главного зеркала 100—120 мм, а после приобретения опыта — и большего размера.

Как вы знаете, существует несколько систем телескопов-рефлекторов. Любителю астрономии легче построить рефлектор системы Ньютона (см. *Рефлекторы*).

Если фокусное расстояние главного зеркала при диаметре 100 мм больше 700 мм, а при диаметре 120 мм — больше 900 мм, то поверхность зеркала лучше сделать не параболической, а сферической, что намного легче.

Для изготовления такого сферического зеркала нужны два диска (при диаметре 100 мм толщиной — не менее 8—10 мм, при диаметре 120 мм — около 12—14 мм) из хорошо отожженного стекла, например зеркального, витринного, иллюминаторного. Если есть толстое зеркальное стекло, диски можно вырезать и самому с помощью трубчатого сверла. Его сгибают из полосы железа, стали или другого не очень мягкого металла. Толщина стенок сверла — 1—2 мм. Оно укрепляется на деревянном диске того же диаметра, что и зеркало. Диски вырезают, вращая трубчатое сверло на сооруженном для этой цели станочке или вручную. Под край сверла непрерывно подмазывают кашицу из абразива (например, порошка наждака), размешанного с водой.

В качестве заготовок для зеркал можно использовать плоско-выпуклые конденсорные линзы для фотоувеличителей, обрабатывая их плоскую поверхность. Такие линзы диаметром до 113 мм вы сможете приобрести в фотомагазинах.

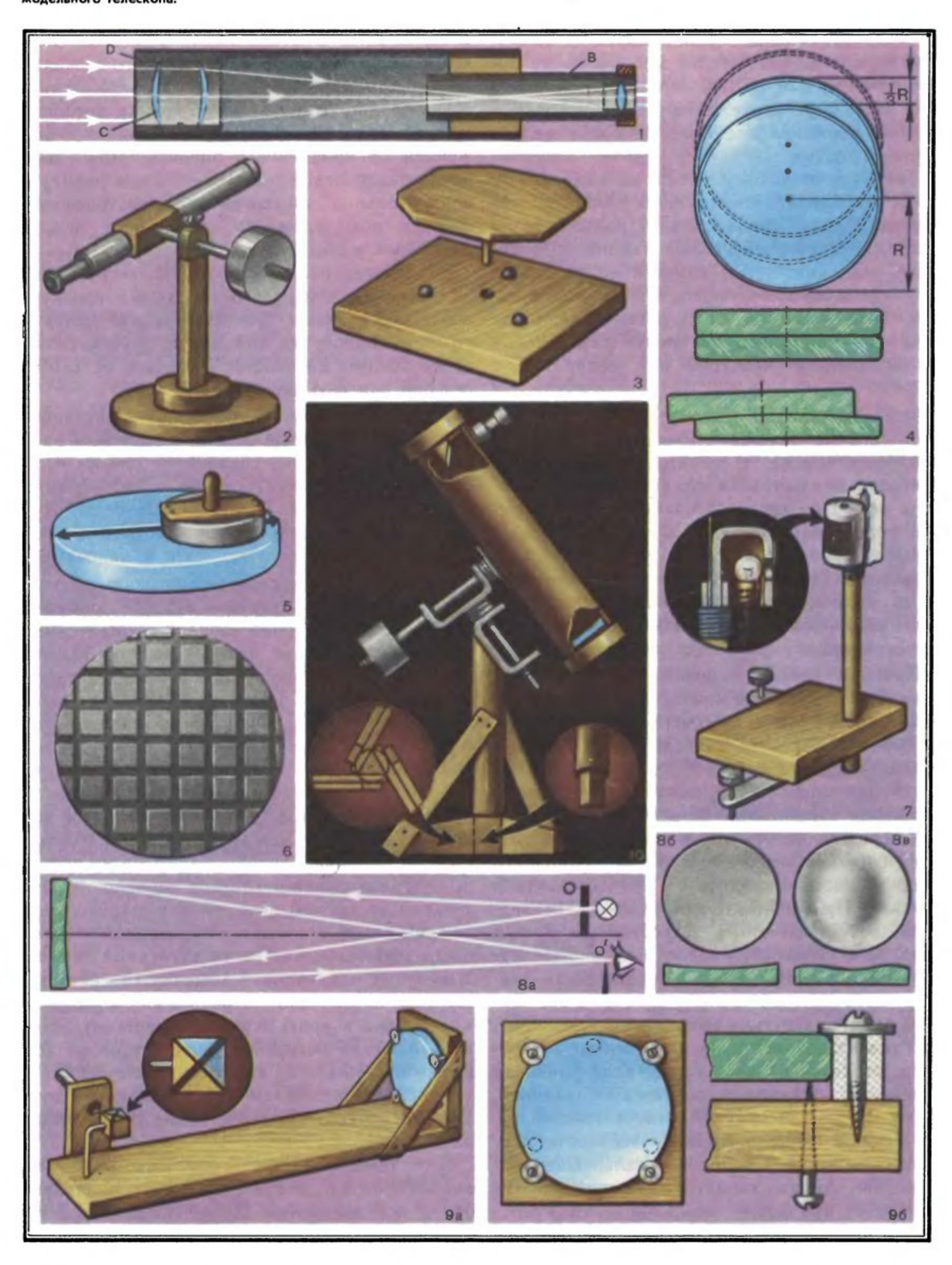
Диски вырезаны. Теперь их надо отшлифовать. Для этого вам понадобятся шлифующие и полирующие материалы, а также смола и канифоль. Шлифуйте зеркало с помощью абразивных порошков — карборунда (карбида кремния), корунда или наждака. В вашей работе понадобятся абразивы с зернами разной величины. Они обычно различаются по номерам: 40—20 (самый крупнозернистый), 12—10, 6—4. Абразивные порошки разных номеров можно получить, раздробив на мелкие куски абразивный (точильный) камень. Полученный порошок сортируют, просеивая через мелкие сита.

Шлифуйте диски на станочке (рис. 3). На толстой доске — основании — укреплен вращающийся круглый или шести-, восьмиугольный столик. В его центре наглухо закреплена ось, вращающаяся в основании. Столик может опираться на «утопленные» в основании 3 стальных шарика. На таком станочке очень удобно работать: вместо того чтобы самому ходить вокруг стола, можно поворачивать столик станка.

Начинайте шлифовку самым крупным абразивом. Для шлифовки зеркала сферической поверхности наложите один диск на другой. Предварительно нижний диск закрепите в центре вращающегося столика 4 шурупами с надетыми на них отрезками толстостенной резиновой трубки. Затем, смазывая соприкасающиеся поверхности кашицей из абразивного порошка с водой, двигайте верхний диск от себя и к себе на $^1/_4$ — $^1/_3$ радиуса. При этом оба диска непрерывно поворачивайте в противоположных направлениях. В результате поверхность верхнего диска становится вогнутой, а нижнего — выпуклой (рис. 4).

Чтобы ускорить процесс грубой шлифовки, в современной любительской практике применяется шлифовка кольцом. В качестве кольца возьмите отрезок толстостенной чугунной трубы. Диаметр кольца равен примерно половине диаметра зеркала. Положив будущее зеркало на место шлифовальника, шлифуйте его кольцом, подмазывая кашицу из абразива с водой. Следите, чтобы кольцо не выводилось за пределы края шлифовальника (рис. 5). Кольцо и столик станочка должны все время равномерно поворачиваться в противоположных направлениях. При шлифовке кольцом углубление в стекле получается гораздо быстрее, чем при шлифовке стекла стеклом.

На рисунке показана последовательность изготовления самодельного телескопа.



При дальнейшей шлифовке кроме стеклянного шлифовальника применяют шлифовальники, основания которых делают из самых разных материалов: металла, гетинакса, текстолита, отлитых из смеси цемента с песком или цемента с алебастром. Применяют также дерево, пропитанное водоотталкивающим составом. На основание такого шлифовальника наклеивают квадратики из стекла или оргстекла. Применяют и специальные металлические шлифовальники. Их основания, имеющие вид сферы, вытачивают на токарном станке. При-

менение описанных выше шлифовальников позволяет ограничиться одним стеклянным диском — будущим зеркалом.

Когда углубление приближается к заданной величине (для 100 мм зеркала — не более 0,90 мм; для 120 мм зеркала — не более 1,00 мм), переходите от грубой шлифовки к тонкой, применяя все более и более мелкие сорта абразива.

Закончив шлифовку самым мелким абразивом, отполируйте поверхность зеркала. На нижний диск — шлифовальник нанесите слой сплава смолы с канифолью толщиной 4—5 мм. Слой разделите сетью канавок на квадратики — фасетки для лучшего контакта со стеклом и циркуляции полирующего вещества (рис. 6). Тщательно полируйте специальными порошками: крокусом или полиритом с водой.

Итак, зеркало для телескопа готово. Поверхность его не должна отклоняться от заданной более чем на 70 нм. Проверить точность поверхности изготовленного вами зеркала можно с помощью теневого прибора. Он изобретен французским физиком Фуко. Такой самодельный прибор (рис. 7) из деревянных брусочков или деталей «конструктора», лампочки от карманного фонаря и лезвия для безопасной бритвы поможет вам провести испытание зеркала.

Принцип работы теневого прибора таков (рис. 8, *а*). В центре кривизны *O* испытываемого зеркала поместите искусственную звезду — точечный источник света (например, в листовой фольге сделайте небольшой прокол и осветите сзади ярким светом), а в точке пересечения отраженных от зеркала лучей света (вершина конуса *O′*) поставьте «нож Фуко» (например, лезвие бритвы). Поместившись сзади фонарика, найдите отражение звезды в зеркале. Приближаясь или удаляясь от зеркала, добейтесь, чтобы искусственная звезда заполнила своим светом всю поверхность зеркала. Если теперь медленно пересекать вершину конуса лучей «ножом Фуко», то все зеркало будет «гаснуть» одновременно (рис. 8, *б*). Это значит, что все лучи, отраженные от зеркала, сходятся в одной точке. Если кривизна поверхности зеркала отклоняется от заданной, то вы увидите «теневую картину» (рис. 8, *в*), по которой судят о форме поверхности. Поверхность зеркала исправьте дальнейшей полировкой, изменяя характер движений зеркала (штрихов) или форму полировальника. Реальные отклонения поверхности изготовленного вами зеркала от сферы измеряются долями микрона.

Вогнутая сферическая поверхность отполированного зеркала отражает всего около 5% падающего на него света. Поэтому ее надо покрыть светоотражающим слоем алюминия или серебра. Алюминируют зеркало только в специальной установке, а серебрить можно и в домашних условиях.

В телескопе-рефлекторе системы Ньютона диагональное плоское зеркало отклоняет вбок конус лучей, отраженных от главного зеркала. Изготовить хорошее плоское зеркало самим очень трудно. Вместо этого зеркала воспользуйтесь призмой с полным внутренним отражением от призменного бинокля. При главном зеркале диаметром 100—120 мм размеры прямоугольных плоскостей призмы, расположенных под углом 90°, заключены между 20×20 мм и 25×25 мм.

В качестве плоского диагонального зеркала вы можете использовать также плоскую поверхность линзы, поверхность светофильтра от фотоаппарата или любую другую оптически точную плоскость. Покройте ее слоем серебра или алюминируйте.

К телескопу нужно иметь набор окуляров. В него входят слабый окуляр с фокусным расстоянием 25—30 мм; средний — 10—15 мм и сильный — 5—7 мм. Окуляром может служить однолинзовая лупа. Можно использовать окуляры от микроскопа, бинокля, теодолита, объективы от малоформатных фото- и кинокамер.

Главное зеркало, плоское диагональное зеркало и окуляр монтируйте в трубе (тубусе) телескопа. Простейший вариант трубы — «чикинская доска» (рис. 9, *а*), названная так по имени А. А. Чикина, пионера любительского телескопостроения в России. Основание такой трубы — сухая прочная доска шириной немного более диаметра главного зеркала и длиной немного более его фокусного расстояния. На одном конце перпендикулярно к ней укреплена квадратная толстая дощечка. На этой дощечке (рис. 9, *б*) между 4 отрезками толстостенной резиновой трубки, надетыми на шурупы, устанавливается главное зеркало. Чтобы зеркало не выпало, под головки шурупов положены пластмассовые шайбы. Задняя поверхность зеркала лежит на закругленных концах 3 шурупов, ввернутых в дощечку (на рисунке шурупы обозначены штриховыми кружочками), ближе к краю зеркала. Концы шурупов выступают на несколько миллиметров из дощечки и служат для юстировки телескопа.

На противоположном конце «чикинской доски» укрепляют небольшую дощечку с окулярным узлом.

Для телескопа-рефлектора изготовьте параллактический штатив. Он имеет полярную ось и ось склонений. Полярная ось должна быть направлена на полюс мира, на *Полярную звезду* (рис. 10).

В современных астрономических наблюдениях большую роль играют дополнительные приборы, присоединяемые к телескопу. Это или фотокамера, или спектрограф, или фотоэлектрический фотометр. Астроному-любителю тоже не следует ограничиваться простым

рассматриванием небесных светил в телескоп. Ведь интересно иметь собственные снимки Солнца, Луны, звездного неба, метеоров и других небесных тел. Полученные снимки могут иметь и научную ценность.

Подробнее о том, как построить телескоп-рефлектор, рассказывается в книге М. С. Навашина «Телескоп астронома-любителя» (М.: Наука, 1979).

ТЕЛЕСКОПЫ

Телескопы — астрономические оптические приборы, предназначенные для наблюдения небесных тел. Телескопы используются с применением различных приемников излучения для визуальных, фотографических, спектральных, фотоэлектрических наблюдений небесных светил.

Визуальные телескопы имеют *объектив* и *окуляр* и представляют собой так называемую телескопическую оптическую систему: они преобразуют параллельный пучок лучей, входящих в объектив, в параллельный же пучок, выходящий из окуляра. В такой системе задний фокус объектива совпадает с передним фокусом окуляра.

Устройство телескопической системы показано на рис. 2 и 3. Основные ее оптические характеристики: видимое увеличение Г, угловое поле зрения $2W$, диаметр выходного зрачка D', разрешающая способность и проницающая сила.

Видимое увеличение оптической системы — это отношение угла, под которым наблюдается изображение, даваемое оптической системой прибора, к угловому размеру объекта при наблюдении его непосредственно глазом. Видимое увеличение телескопической системы:

$$\Gamma = \frac{f'_{об}}{f'_{ок}} = \frac{D}{D^1},$$

где $f'_{об}$ и $f'_{ок}$ — фокусные расстояния объектива и окуляра, D — диаметр входного, а D' — выходного зрачка. Таким образом, увеличивая фокусное расстояние объектива или уменьшая фокусное расстояние окуляра, можно достичь бо́льших увеличений. Однако, чем больше увеличение телескопа, тем меньше его поле зрения и тем больше искажения изображений объектов из-за несовершенства оптики системы.

Выходной зрачок представляет собой наименьшее сечение светового пучка, выходящего из телескопа. При наблюдениях зрачок глаза совмещается с выходным зрачком системы; поэтому он не должен быть больше зрачка глаза наблюдателя. Иначе часть света, собранного объективом, не попадет в глаз и будет потеряна.

Обычно диаметр входного зрачка (оправа объектива) гораздо больше зрачка глаза, и точечные источники света, в частности звезды, при наблюдении их через телескоп кажутся значительно более яркими. Их кажущаяся яркость пропорциональна квадрату диаметра входного зрачка телескопа. Слабые звезды, не видимые невооруженным глазом, могут быть хорошо видны в телескоп с большим диаметром входного зрачка. Количество звезд, видимых в телескоп, гораздо больше, чем наблюдаемое непосредственно глазом.

Для астрономических объективов разрешающая способность определяется наименьшим угловым расстоянием между двумя звездами, которые в телескоп могут быть видны раздельно. Теоретически разрешающая способность визуального телескопа (в секундах дуги) для желто-зеленых лучей, к которым наиболее чувствителен глаз, может быть оценена по формуле:

$$\Psi = \frac{120}{D},$$

где D — диаметр входного зрачка телескопа, выраженный в миллиметрах.

Проницающей силой телескопа называется предельная звездная величина светила, доступного наблюдению с помощью данного телескопа при хороших атмосферных условиях. Плохое качество изображения, вследствие дрожания, поглощения и рассеивания лучей земной атмосферой, снижает предельную звездную величину реально наблюдаемых звезд, уменьшая концентрацию световой энергии на сетчатке глаза, фотопластинке или другом приемнике излучения в телескопе. Количество света, собираемого входным зрачком телескопа, растет пропорционально его площади; при этом возрастает и проницающая сила телескопа. Для телескопа с диаметром объектива D мм проницающая сила, выраженная в звездных величинах при визуальных наблюдениях, определяется по формуле:

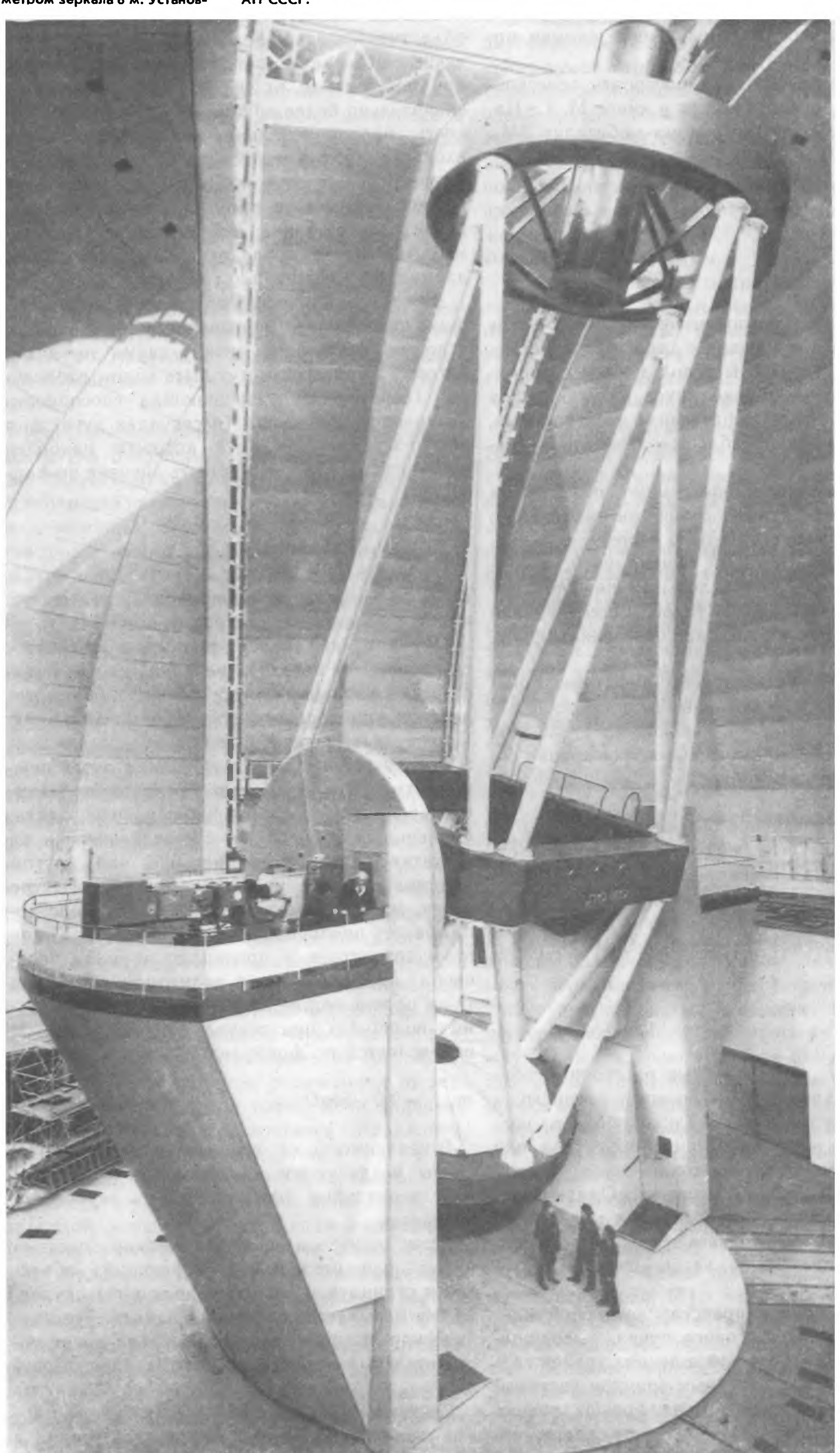
$$m_{vis} = 2{,}0 + 5\lg D.$$

В зависимости от оптической системы телескопы разделяются на линзовые (*рефракторы*), зеркальные (*рефлекторы*) и *зеркально-линзовые*.

Если линзовая телескопическая система имеет положительный (собирающий) объектив и отрицательный (рассеивающий) окуляр, то она называется системой Галилея. Телескопическая линзовая система Кеплера имеет положительный объектив и положительный окуляр.

Система Галилея (рис. 2) дает прямое мнимое изображение, имеет малое поле зрения и

Рис. 1. Самый мощный в мире телескоп-рефлектор с диаметром зеркала 6 м. Установлен на Специальной астрофизической обсерватории АН СССР.



небольшую светосилу (большой диаметр выходного зрачка). Простота конструкции, небольшая длина системы и возможность получения прямого изображения — основные ее преимущества. Но поле зрения этой системы относительно невелико, а отсутствие между объективом и окуляром действительного изображения объекта не позволяет применять визирную сетку. Поэтому система Галилея не может быть использована для измерений в фокальной плоскости. В настоящее время она применяется в основном в театральных биноклях, где не требуется большого увеличения и широкого поля зрения.

Система Кеплера (рис. 3) дает действительное и перевернутое изображение объекта. Однако при наблюдении небесных светил последнее обстоятельство не так важно, и поэтому система Кеплера наиболее распространена в телескопах. Длина трубы телескопа при этом равна сумме фокусных расстояний объектива и окуляра:

$$L = f'_{об} + f'_{ок}$$

Система Кеплера может быть снабжена визирной сеткой в виде плоскопараллельной пластинки со шкалой и перекрестием нитей. Эта система широко используется в сочетании с системой призм, позволяющей получать прямое изображение объектов. Кеплеровские системы применяются в основном для визуальных телескопов.

Кроме глаза, являющегося приемником излучения в визуальных телескопах, изображения небесных объектов могут регистрироваться на фотоэмульсии (такие телескопы называются *астрографами*); *фотоэлектронный умножитель* и *электронно-оптический преобразователь* позволяют усилить во много раз слабый световой сигнал от звезд, удаленных на большие расстояния; изображения могут проецироваться на трубку *телевизионного телескопа*. Изображение объекта может быть направлено и в *астроспектрограф* или *астрофотометр*.

Для наведения трубы телескопа на нужный небесный объект служит монтировка (штатив) телескопа. Она обеспечивает возможность поворота трубы вокруг двух взаимно перпендикулярных осей. Основание монтировки несет ось, относительно которой может вращаться вторая ось с вращающейся вокруг нее трубой телескопа. В зависимости от ориентации осей в пространстве монтировки делятся на несколько типов.

В альтазимутальных (или горизонтальных) монтировках одна ось расположена вертикально (ось азимутов), а вторая (ось зенитных расстояний) — горизонтально (рис. 4, *а*). Основной недостаток альтазимутальной монтировки — необходимость поворота телескопа вокруг двух осей для слежения за небесным объектом, движущимся вследствие видимого суточного вращения небесной сферы. Альтазимутальными монтировками снабжают многие астрометрические инструменты: универсальные инструменты, пассажные и меридианные круги.

Почти все современные большие телескопы имеют экваториальную (или параллактическую) монтировку (рис. 4, *б*), в которой главная ось — полярная или часовая — направлена на полюс мира, а вторая — ось склонений — перпендикулярна ей и лежит в плоскости экватора. Преимущество параллактической монтировки в том, что для слежения за суточным движением звезды достаточно поворачивать телескоп только вокруг одной полярной оси.

5-метровый рефлектор обсерватории Маунт-Паломар (США) снабжен параллактической монтировкой. На аналогичной монтировке установлен 2,6-метровый рефлектор ЗТШ *Крымской астрофизической обсерватории* АН

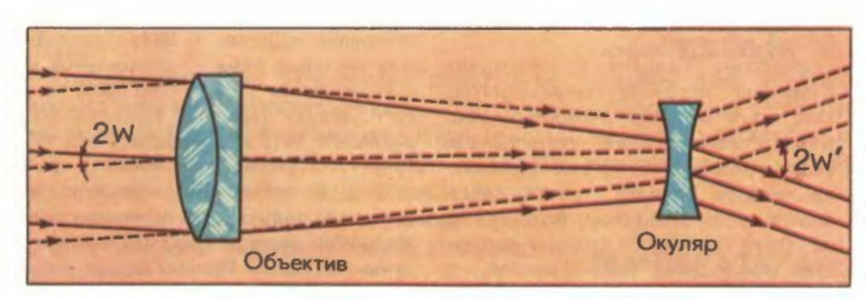


Рис. 2. Схема телескопа системы Галилея.

Рис. 3. Схема телескопа системы Кеплера.

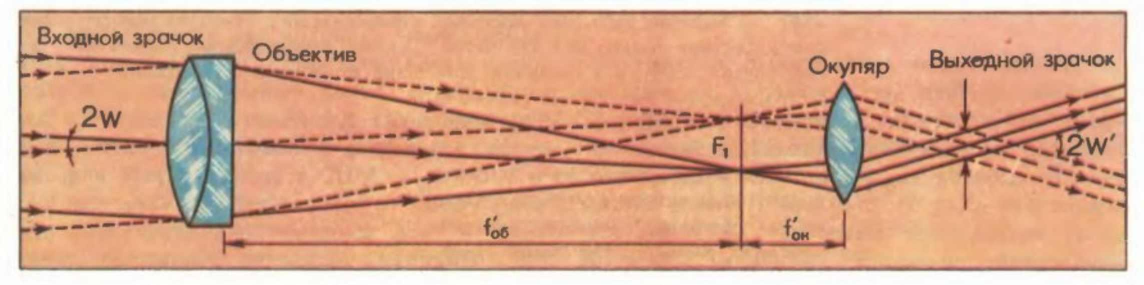
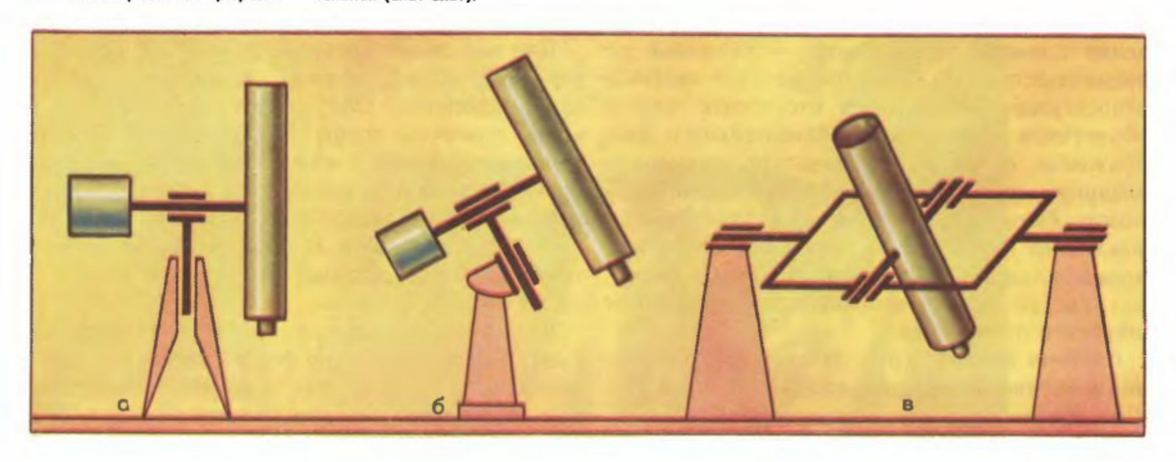


Рис. 4. Монтировки телескопов: а — альтазимутальная; б — экваториальная (параллактическая); в — горизонтальная (альт-альт).



ГАЛИЛЕО ГАЛИЛЕЙ (1564—1642)



Галилео Галилей — великий итальянский физик, математик, инженер и астроном, один из основателей современного естествознания. Еще подростком познакомился Галилей с трудами древнегреческих ученых — Аристотеля, Архимеда, Евклида и в 20 лет, оставив медицину, которую изучал в Пизанском университете, погрузился в занятия физикой и астрономией. Галилей был профессором математики и физики в крупнейших итальянских университетах. Его научная деятельность и огромной важности открытия оказали решающее влияние на развитие механики, оптики, астрономии. Он создал раздел науки о движении — кинематику, законы которой вывел из точных экспериментов; сформулировал некоторые принципы классической механики; развил законы статики; заложил основы небесной механики.

Открытия Галилея в астрономии буквально потрясли современников. Они стали первыми неопровержимыми доказательствами правильности гелиоцентрической теории Коперника, которую Галилей страстно защищал и пропагандировал, несмотря на жестокие гонения со стороны церкви. При наблюдении неба Галилей использовал совершенно новый инструмент — телескоп, который построил сам на основе только что изобретенной тогда (1609) в Голландии зрительной трубы. Увеличение своих телескопов Галилей довел от 3-кратного до 32-кратного.

Галилей обнаружил фазы у Венеры и открыл четыре спутника Юпитера (их называют галилеевскими; см. *Спутники планет*). Наблюдая Луну, Галилей обнаружил, что на ней есть горы, долины, глубокие пропасти, т. е. поверхность Луны по своему рельефу похожа на поверхность Земли. Телескоп Галилея впервые разложил на звезды некоторые туманные пятна на небе. Так, сплошное сияние Млечного Пути оказалось гигантским скоплением звезд. Вообще, при телескопических наблюдениях стало видно громадное количество звезд, и впервые была постигнута их колоссальная удаленность. Галилею принадлежит открытие ярких пятен — флоккулов на Солнце, перемещение которых подтвердило незадолго до того обнаруженное вращение этого светила. Все наблюдения Галилей описал в небольшой работе «Звездный вестник». Убедившись в справедливости системы Коперника, Галилей посвятил ей свое основное астрономическое сочинение «Диалог о двух главнейших системах мира — птолемеевой и коперниковой» (1632). Оно было резко осуждено церковью (система Коперника с 1616 г. находилась под запретом). Престарелого ученого принудили к публичному покаянию, и последние годы жизни он провел под домашним арестом и надзором инквизиции. «Диалог» Галилея вошел в историю естествознания как символ гражданского мужества ученого и как яркая демонстрация торжества учения Коперника о Вселенной.

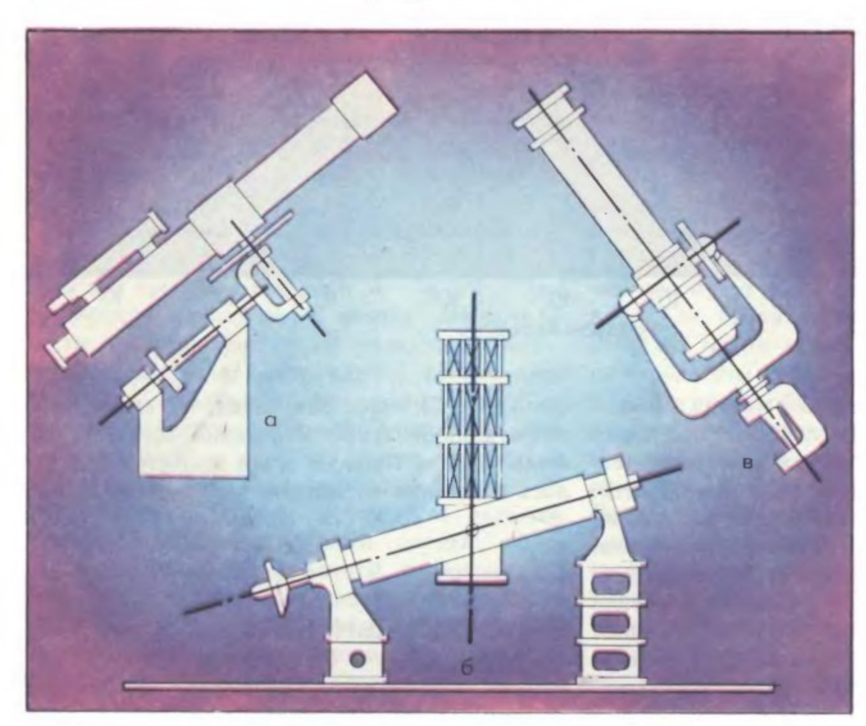


Рис. 5. Типы конструкций параллактической монтировки телескопов: а — немецкий; б — английский; в — американский.

СССР. Однако крупнейший в мире 6-метровый рефлектор БТА *Специальной астрофизической обсерватории* АН СССР снабжен альтазимутальной монтировкой: она оказалась более удобной для столь крупного телескопа. Управление вращением телескопа по двум осям осуществляется автоматически с помощью специальной электронно-вычислительной машины.

Для спектральных и некоторых других наблюдений в телескопах применяется горизонтальная (или альт-альт) монтировка (рис. 4, *в*), в которой первая ось расположена в плоскости горизонта с севера на юг или с востока на запад, а вторая ось ей перпендикулярна.

Для наблюдения *искуственных спутников* Земли применяются спутниковые фотокамеры, имеющие трехосные и четырехосные монтировки.

Параллактическая монтировка имеет 3 основных типа конструкции: немецкий (рис. 5, *а*), английский (рис. 5, *б*) и американский (рис. 5, *в*). В немецком типе конструкции полярная ось закреплена в двух подшипниках. На разных концах оси склонений, перпендикулярной к полярной оси, укреплена труба телескопа и противовес.

В конструкции английского типа полярная ось опирается на две колонны. Чтобы исключить противовес и упростить конструкцию, полярную ось заменяют рамой, внутри которой крепится труба телескопа. Такую конструкцию имеет 100-дюймовый рефлектор обсерватории Маунт-Вилсон в США.

Конструкция американского типа имеет вилочное крепление полярной оси. К числу таких телескопов относится, например, 200-дюймовый рефлектор американской обсерватории Маунт-Паломар.

Полярные оси экваториальных монтировок телескопов снабжаются часовым механизмом для ведения трубы телескопа за небесным светилом, движущимся вследствие суточного вращения небесной сферы.

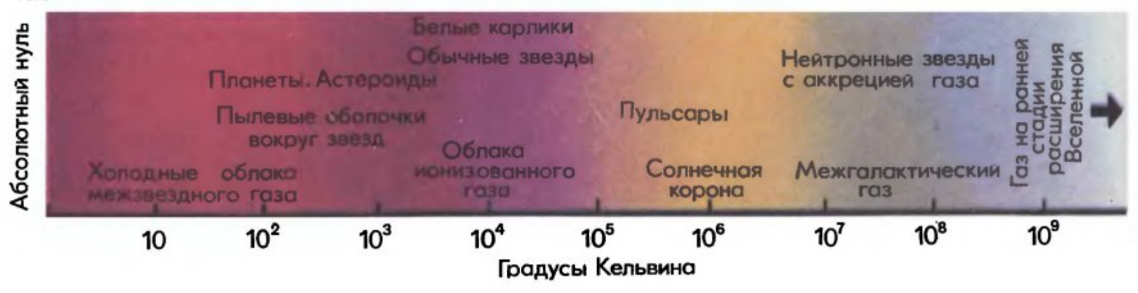
Для непрерывного визуального или автоматического контроля наведения телескопа на наблюдаемое небесное светило служат *гиды*, устанавливаемые на монтировке параллельно основному телескопу, предназначенному для фотографических, спектральных или других наблюдений.

Искатели, которыми также бывают снабжены большие телескопы, служат для поиска нужного объекта на небе и представляют собой широкоугольную визуальную трубу. Искатель выполняет роль прицела: при значительном поле зрения в начале наблюдений с его помощью легче найти нужное светило. Оптическая ось искателя также параллельна оси главной трубы телескопа.

ТЕМПЕРАТУРА НЕБЕСНЫХ ТЕЛ

Температура относится к числу важнейших физических характеристик любого объекта. Температура вещества характеризует среднее значение кинетической энергии беспорядочного движения частиц, из которых это вещество состоит. Чем быстрее движутся атомы или молекулы, тем выше температура тела. Но чтобы узнать ее, совсем не обязательно

Шкала температур небесных тел.



измерять скорости отдельных частиц. Температуру можно оценить с любого расстояния по наблюдению собственного излучения тел. Зная физические законы излучения света, можно связать температуру с теми или иными особенностями спектра излучения источника. Известно, например, что, чем выше температура непрозрачных тел, тем на более коротких волнах они излучают основную долю своей энергии. Например, планеты, как сравнительно холодные тела, ярче всего «светятся» в инфракрасном диапазоне спектра, а максимум излучения большинства наблюдаемых звезд приходится на лучи видимого света (см. *Электромагнитное излучение небесных тел*). На глаз заметен красноватый оттенок цвета довольно холодных звезд (Антарес, Бетельгейзе) и голубоватый цвет очень горячих звезд (Ригель, Спика). Температуры известных нормальных звезд лежат в пределах от 3 тыс. до десятков тысяч градусов. Еще горячее могут быть не успевшие остыть звезды большой плотности: белые карлики и нейтронные звезды.

Температура межзвездного газа определяется из анализа его спектра, точнее по относительным интенсивностям спектральных линий. Вблизи горячих звезд газ бывает нагрет примерно до 10 000 К.

Температура измеряется по так называемой абсолютной шкале — в градусах по шкале Кельвина. Температура плавления льда в этой шкале равна 273 К. Нуль градусов шкалы Кельвина соответственно равен —273° по Цельсию. Это абсолютный предел холода. При такой температуре полностью прекращаются тепловые движения частиц. Самые низкие температуры (около десяти градусов Кельвина) у плотных облаков межзвездного газа и планет, далеких от согревающих их звезд. Самые высокие температуры — десятки миллионов градусов — у крайне разреженного газа в скоплениях галактик и на поверхности нейтронных звезд в тех случаях, когда на них падают потоки от соседней близко расположенной звезды. В недрах массивных звезд температура может достигать таких же значений, но она уже не измеряется по спектру, а определяется с помощью теоретических расчетов. Еще более высокие температуры, возможно, были 10—20 млрд. лет назад, на самой ранней стадии эволюции Вселенной, когда еще не было никаких галактик и все вещество находилось в газовом состоянии.

ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Можно ли, находясь в поезде, определить, идет он или стоит на месте? На первый взгляд вопрос странный: достаточно взглянуть в окно. Ну а если оно занавешено шторами или за окном полная темнота? Тогда о нашем движении скажет стук колес и покачивание вагона. Однако представим себе идеальный поезд: вагон движется беззвучно и мягко. В этом случае нет никакого ощущения движения, если оно равномерно и прямолинейно.

Но, может быть, убедиться в том, что вагон все-таки движется, позволит нам следующий опыт? Будем зажигать в одном конце вагона лампочку, а в другом конце регистрировать световой сигнал. По законам классической физики, если вагон движется навстречу направлению, в котором распространяется световой сигнал, то свет будет идти от одного конца до другого быстрее, чем в данном случае, когда вагон неподвижен. Значит, скорость света в первом случае будет большей.

В начале XX в. был проведен подобный опыт (естественно, более сложный). Результат оказался неожиданным: независимо от того, движется вагон или нет, скорость света оказалась постоянной. Этот факт противоречил представлениям классической физики. Была предложена новая физическая теория — специальная теория относительности, которая объясняла это явление. Эта теория органически соединяла принцип постоянства скорости света и принцип независимости физических законов от состояния прямолинейного и равномерного движения.

Согласно теории относительности (ее также называют релятивистской теорией), скорость тела не может быть произвольно большой: никакое тело нельзя разогнать до скорости, равной скорости света. Причем с приближением

к скорости света все более важную роль начинают играть специфические релятивистские эффекты. Один из них — замедление относительно неподвижного наблюдателя хода всех процессов в движущейся ракете. Этот эффект имеет заметную величину лишь при скоростях, близких к скорости света. При этом для наблюдателя, находящегося в ракете, все выглядит наоборот: относительно него будут замедленно идти все процессы на Земле.

Эффекты специальной теории относительности подтверждены многочисленными экспериментами. Целое направление современной физики — физика частиц, разогнанных на гигантских ускорителях до скоростей, приближающихся к скорости света, полностью основана на представлениях этой теории.

Вернемся к нашему примеру с вагоном. Мы рассмотрели идеальный случай: поезд движется прямо с постоянной скоростью. Но ведь на самом деле поезд идет с остановками. Всем знакомо ощущение резкого торможения: на нас действует сила инерции, которая тянет нас вперед, причем всем предметам в вагоне эта сила сообщает одинаковое ускорение. Именно таким свойством обладают силы гравитационного притяжения: все тела падают в пустоте с одинаковым ускорением (см. *Гравитация*). Сходство сил инерции и сил тяготения — независимость сообщаемых ими ускорений от массы тел — и дало немецкому ученому Альберту Эйнштейну (1879—1955) ключ к построению новой теории, являющейся обобщением закона всемирного тяготения *И. Ньютона*. Называется она общей теорией относительности. При этом закон тяготения Ньютона следует из общей теории относительности как приближение, справедливое в случае слабых гравитационных полей.

Таким образом, согласно общей теории относительности, движение в поле тяжести равносильно свободному движению по инерции. Иначе говоря, камень падает на *Землю* и *планеты* движутся вокруг *Солнца*, повинуясь только инерции. Но ведь в классической механике движение по инерции прямолинейно и равномерно, между тем планеты движутся по эллипсам, камень падает ускоренно. В чем же дело? А дело в том, что классическое понятие свободного движения относится к пространству, в котором нет никакой материи, к пустому пространству. Чем дальше от Солнца, тем действительно меньше его влияние, тем больше радиус орбит и меньше их кривизна. Чем дальше от Земли, тем меньше ускорение падающего на нее тела.

Но пространства, полностью лишенного материи, не существует. Нет оснований утверждать, что реальные свойства пространства и времени вблизи материальных тел совершенно такие же, как вдали от них. Эти свойства различны в разных точках пространства и могут изменяться со временем. Таким образом закон тяготения Эйнштейна устанавливает связь между геометрией мира и находящейся в нем материей. Следствием этого закона является искривление пространства и изменение хода часов вблизи тяготеющих масс.

Изменение хода часов (под «часами» мы понимаем любой периодический процесс), помещенных в поле тяжести, заключается в том, что они будут идти несколько медленнее, чем вдали от гравитирующего тела. Возьмем в качестве часов естественные эталоны времени — частоты колебаний световых волн в атомах. Согласно общей теории относительности, атом в поле тяжести звезды испускает свет меньшей частоты, чем та, которая соответствует спектральной линии этого атома на Земле. Вследствие этого все линии в спектре звезды в очень сильном гравитационном поле сместятся к красному концу — наблюдается так называемое гравитационное красное смещение. Такой эффект действительно обнаружен.

Следующие из общей теории относительности эффекты: вековое смещение перигелия *Меркурия* и отклонение световых лучей вблизи Солнца — подтверждаются наблюдениями, при этом обычно эффекты общей теории относительности представляют собой малые поправки к предсказаниям ньютоновской теории.

Однако существуют условия, в которых общая теория относительности играет решающую роль. Такие условия осуществляются при *гравитационном коллапсе;* современная *космология* также основана на представлениях общей теории относительности.

ТОЧКА ВЕСЕННЕГО РАВНОДЕНСТВИЯ

Точкой весеннего равноденствия называют ту из двух точек пересечения *эклиптики* с небесным экватором, в которой *Солнце* при своем видимом годичном перемещении среди звезд переходит из Южного полушария *небесной сферы* в Северное.

По современному календарю Солнце проходит точку весеннего равноденствия 20 или 21 марта. В этот день продолжительность светлого времени суток на *Земле* повсюду равна продолжительности ночи, т. е. наступает равноденствие (см. *Времена года*). С этого дня в Северном полушарии Земли по астрономическому счету начинается весна. Вследствие прецессии (см. *Прецессия и нутация*) точка весеннего равноденствия медленно перемещается по небесной сфере среди звезд. Два тысячелетия назад она находилась в зодиакальном созвездии Овна. В настоящее время она находится в созвездии Рыб (см. *Зодиак*). Обозначается астрономическим знаком Овна.

ТУМАННОСТИ

Туманности — светящиеся или темные облака межзвездного газа и пыли (см. *Межзвездная среда*). Существует несколько видов туманностей. Если посмотреть на созвездие Ориона, сверкающее зимой в южной стороне неба, то под его тремя яркими звездами (поясом Ориона) легко найти три слабые звездочки, из которых среднюю окружает слабое туманное мерцание. Это известная газопылевая диффузная *Туманность Ориона.* Она представляет собой громадное облако газа и пыли, в которое погружено много звезд. Свечение его возбуждается горячими звездами.

Газовые туманности, как и звезды, в основном состоят из водорода. Кроме того, в них есть другие химические элементы — гелий, азот, кислород и более тяжелые. Размеры туманностей огромны: от одного края до другого свет идет несколько лет, а общая масса туманности обычно составляет десятки, сотни, а иногда и тысячи масс *Солнца.*

Газовые диффузные туманности могут иметь самый разнообразный вид. Так, в созвездии Лебедя находятся туманности, получившие за свой вид названия: Пеликан, Северная Америка. В созвездии Единорога есть туманность Розетка.

Диффузные туманности подразделяются на эмиссионные, спектры излучения которых состоят в основном из эмиссионных линий; отражательные, имеющие непрерывный спектр с линиями поглощения, соответствующий спектру звезды, освещающей туманность; темные — плотные, несветящиеся газопылевые облака, поглощающие излучение светлого фона неба.

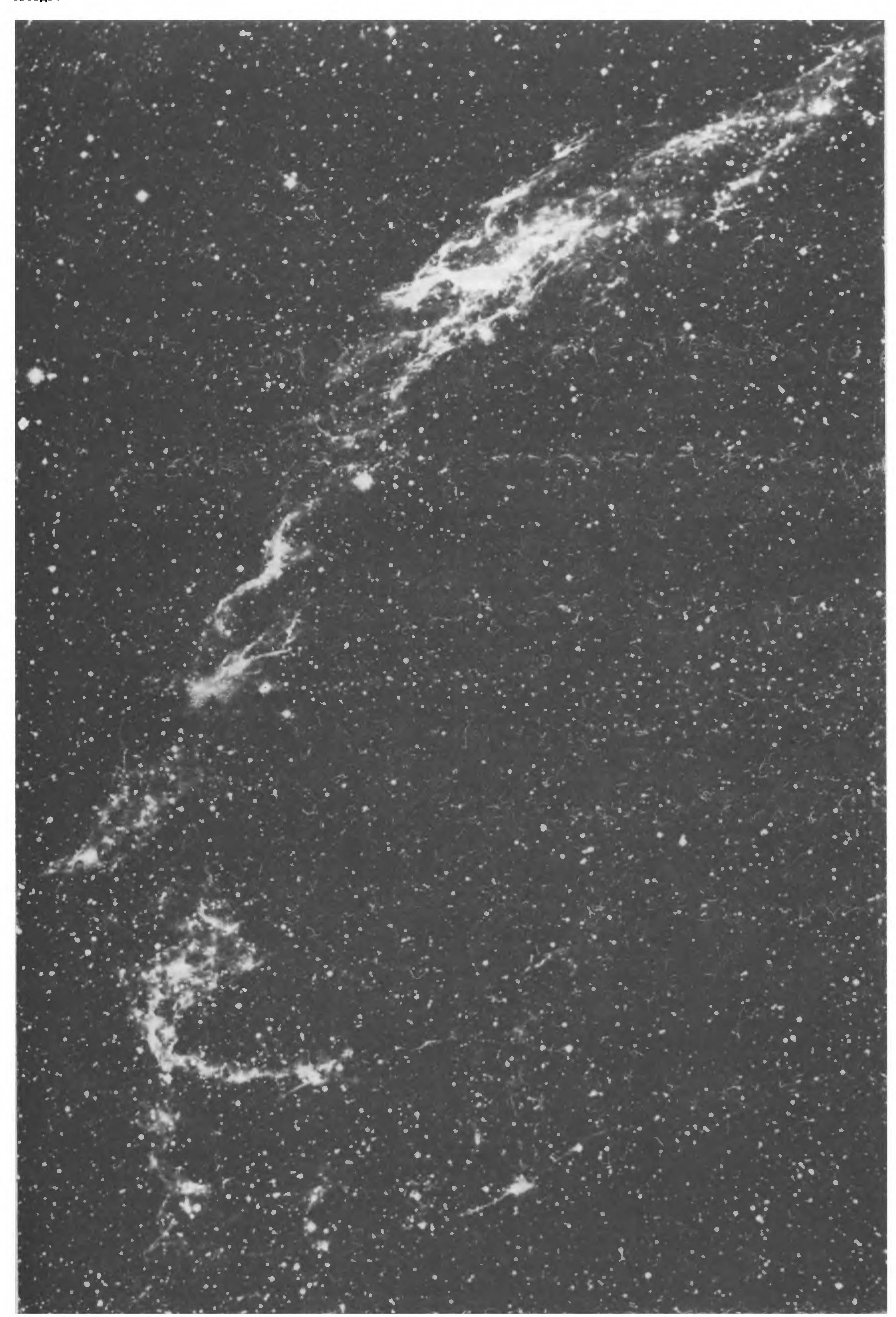
Эмиссионные туманности — это области ионизованного газа вокруг горячих О-звезд (см. *Спектральная классификация звезд),* ультрафиолетовое излучение которых является источником энергии свечения газа туманности. Они имеют размеры до десятков парсек. Температура в центральных областях туманности равна 8000—10 000 К, на периферии — несколько ниже. Эмиссионная туманность расширяется под действием давления горячего газа. Если на пути встречаются небольшие уплотнения межзвездного газа и пыли, расширяющаяся туманность огибает их. В результате этого образуются плотные сгустки — *глобулы,* яркие ободки — римы, вытянутые жгуты, кометообразные туманности.

Отражательные туманности представляют собой плотные газопылевые облака, освещаемые расположенными неподалеку звездами спектральных классов B5—B9. Такие туманности меньше по размеру и значительно менее



Темная туманность Конская голова.

Туманность Петля Лебедя — остаток вспышки сверхновой звезды.



яркие, чем эмиссионные; их светимость в десятки раз ниже светимости освещающих их звезд.

Темные туманности представляют собой плотные газопылевые облака, вблизи которых нет возбуждающих или освещающих их звезд. Они видны на фоне *Млечного Пути* или светлой туманности как темные образования. Наиболее плотные из них называются угольными мешками.

Наряду с большими клочковатыми, размытыми или волокнистыми диффузными туманностями существуют туманности очень маленькие, правильной округлой формы — планетарные. Их назвали так за внешнее сходство с дисками планет, наблюдаемыми в телескоп.

В центре каждой планетарной туманности находится слабая, очень горячая звезда — ядро. Температура планетарных туманностей доходит до 10 000—20 000 К, плотность — тысячи атомов в 1 см^3, степень ионизации элементов выше, чем в диффузных туманностях, и падает от центра к краю. Планетарные туманности расширяются со скоростью 10—30 км/с. Размеры планетарных туманностей достигают 0,1—1 пс, масса очень мала — она составляет всего лишь десятые или даже сотые доли массы Солнца. Образование планетарных туманностей и их ядер является закономерным результатом эволюции определенного типа звезд — красных гигантов. В конце жизни красный гигант сбрасывает внешние слои газа, которые образуют медленно расширяющуюся оболочку. «Обнажившаяся» горячая внутренняя часть звезды сжимается и превращается в ядро планетарной туманности. Постепенно остывая, ядро превращается в обычный *белый карлик,* а сама планетарная туманность расширяется и со временем рассеивается в межзвездной среде.

У планетарных туманностей наблюдаются разные формы. Многие из них кольцеобразные, как, например, туманность в созвездии Лиры. Есть туманности, которые за их форму названы Совой, Гантелью, Сатурном. Известно свыше 1000 планетарных туманностей.

Остатки вспышек сверхновых звезд — еще один тип эмиссионных туманностей. Это относительно слабые (исключение составляет *Крабовидная туманность*) протяженные туманности, как правило, симметричной формы, часто отличающиеся удивительно тонкой ажурной структурой. Вспышка сверхновой — катастрофический процесс в конце эволюции звезды, при котором массивная внешняя оболочка

ГРИГОРИЙ АБРАМОВИЧ ШАЙН (1892—1956)



Григорий Абрамович Шайн — советский астроном, академик (с 1939 г.). Родился в городе Одессе в семье столяра-ремесленника. В 1919 г. окончил Тартуский, тогда Юрьевский, университет. Научную деятельность Шайн начал в 1921 г. на Пулковской астрономической обсерватории, а с 1925 г. работал в ее Симеизском отделении в Крыму. В 40-е гг., после Великой Отечественной войны, Г. А. Шайн руководил созданием одного из крупнейших астрономических учреждений — Крымской астрофизической обсерватории АН СССР. Созданный по его инициативе в то время крупнейший в Европе рефлектор с главным зеркалом диаметром 2,6 м был назван позднее его именем. Шайн был директором Крымской обсерватории с 1945 по 1952 г.

С именем Шайна помимо открытий в Солнечной системе (комета Шайна, 1925) связаны существенные успехи в исследованиях физической природы звезд, туманностей и строения звездных систем. Методом высокоточного измерения лучевых скоростей звезд Г. А. Шайн совместно с О. Струве (США) уже в 20-е гг. открыл вращение одиночных звезд и измерил скорости вращения звезд разных спектральных классов. В 1941 г. Шайн вместе с советским астрофизиком В. А. Альбицким (1891—1952) закончил составление точного каталога лучевых скоростей около 800 звезд. Он впервые обнаружил, что электроны в солнечной короне имеют огромные скорости (это открытие привело позже к выводу о ее высокой, до 1 млн. градусов, температуре).

Г. А. Шайн со своими сотрудниками обнаружил в нашей и других галактиках большое число слабо светящихся протяженных диффузных туманностей. В результате изучения их тонковолокнистой структуры Шайн доказал существование в Галактике магнитного поля. После этого открытия в теоретических и космогонических построениях стали учитывать кроме силы тяготения и электромагнитные взаимодействия.

Г. А. Шайн был членом многих зарубежных академий и научных обществ.

Туманность Северная Америка.



звезды отделяется и с высокой скоростью выбрасывается наружу, а центральная часть сжимается. При этом возникает сферическая ударная волна, распространяющаяся в межзвездной среде со скоростью 10 тыс. км/с. Через сотни лет на месте катастрофы наблюдается туманность — молодой остаток вспышки, представляющий собой выброшенное при взрыве вещество. Наиболее известные туманности этого типа — Крабовидная и Кассиопея А. Спектральные наблюдения таких туманностей показали, что они продолжают разлетаться со скоростями около 5—10 тыс. км/с и уже удалились на расстояния 1—2 пс от центра вспышки. Ударная волна, вызванная разлетом оболочки сверхновой, постепенно замедляется, сгребая и выметая окружающий межзвездный газ. За тысячи и десятки тысяч лет образуется плотная оболочка из «нагребенного» межзвездного газа, размер которой достигает 20—40 пс. Свечение этой оболочки мы наблюдаем как тонковолокнистые туманности — старые остатки вспышек сверхновых, такие, как Петля Лебедя, Петля в Единороге, туманность Симеиз 147 и др. Эти туманности продолжают расширяться, со временем они затормозятся еще сильнее, их свечение ослабеет, и оболочки рассеются.

Генетическая связь туманности со звездами определяет круговорот вещества во Вселенной. Звезды образуются из газовой материи, обогащают ее тяжелыми элементами в результате происходящих в них ядерных реакций и затем выбрасывают вещество в межзвездную среду: непрерывно в процессе эволюции (в виде звездного ветра), путем сброса оболочек планетарных туманностей или при вспышках сверхновых. Согласно современным представлениям, сгребание газа расширяющимися эмиссионными туманностями и остатками сверхновых стимулирует начало звездообразования в плотных газопылевых комплексах.

ТУМАННОСТЬ АНДРОМЕДЫ

Туманность Андромеды — ближайшая к нам гигантская спиральная галактика, самая яркая в Северном полушарии неба. Расстояние до нее составляет около 700 кпс, или более 2 млн. световых лет. Невооруженным глазом видна как слабое туманное пятнышко. На фотографиях, сделанных с помощью больших *телескопов,* видно, что внешние ее части состоят из звезд высокой *светимости*. Центральные области состоят из звезд, похожих на звезды шаровых скоплений (см. *Звездные скопления и ассоциации*). Туманность Андромеды видна нам почти с ребра (к лучу зрения ее плоскость наклонена на угол всего в 15°), поэтому детально определить ее структуру очень трудно.

Туманность Андромеды похожа на нашу *Галактику*, но превосходит ее по массе и размерам. В ней изучено несколько сотен *переменных звезд,* в большинстве случаев являющихся *цефеидами.* В туманности обнаружено около 300 шаровых скоплений, наблюдались вспышки более 200 *новых звезд* и одной сверхновой. В центре Туманности Андромеды есть ядрышко (керн), похожее на гигантское шаровое скопление. Наблюдения различных объектов в Туманности Андромеды позволяют лучше понять природу галактик, и нашей Галактики в частности.

Туманность Андромеды имеет четыре интересных спутника — карликовые эллиптические галактики.

Туманность Андромеды.



Туманность Ориона.



ТУМАННОСТЬ ОРИОНА

Туманность Ориона — самая яркая газопылевая туманность на небе. Ее можно наблюдать в небольшой телескоп или хороший бинокль. Лучше всего туманность видна в безлунную осеннюю или зимнюю ночь — как небольшое облачко неправильной формы со слабым, нежным свечением.

Туманность Ориона находится довольно далеко от нас — на расстоянии около 460 пс (см. *Единицы расстояний*). Она представляет собой облако горячего межзвездного газа, который светится под действием ультрафиолетового излучения одной или нескольких молодых горячих звезд. Полная масса газа в туманности составляет около 300 масс Солнца.

Помимо газа в Туманности Ориона содержится много межзвездной пыли (см. *Межзвездная среда*), из-за которой туманность местами совершенно непрозрачна.

Туманность Ориона лишь небольшая часть обширного комплекса, в который входят другие, более мелкие газовые туманности, облака холодного газа, молодые звезды и звезды еще только образующиеся. Здесь много звезд, возраст которых не превышает нескольких миллионов лет.

Изучение Туманности Ориона и всего газового комплекса, с которым она связана, дает возможность узнать, как в настоящее время происходит образование звезд.

ТУНГУССКИЙ МЕТЕОРИТ

Тунгусский метеорит — большое небесное тело, встретившееся с *Землей*. Это произошло 30 июня 1908 г. в глухой сибирской тайге в районе реки Подкаменная Тунгуска (Красноярский край). Рано утром, в 7 часов 15 минут местного времени, по небу пролетел огненный шар — болид. Его наблюдали многие жители Восточной Сибири. Полет этого необычного небесного тела сопровождался звуком, напоминавшим раскаты грома. Последовавший вслед за тем взрыв вызвал сотрясение почвы, которое ощущалось в многочисленных пунктах на площади свыше миллиона квадратных километров между Енисеем, Леной и Байкалом.

Первые исследования Тунгусского явления начались только в 20-х гг. нашего века, когда на место падения были направлены четыре экспедиции, организованные Академией наук СССР и возглавлявшиеся Л. А. Куликом.

Было обнаружено, что вокруг места падения Тунгусского метеорита лес повален веером от центра, причем в центре часть деревьев осталась стоять на корню, но без ветвей. Большая часть леса была сожжена.

Последующие экспедиции заметили, что область поваленного леса имеет характерную форму «бабочки», ось симметрии которой хорошо совпадает с проекцией траектории полета метеорита (уточненной по показаниям очевидцев): с востока-юго-востока на запад-северо-запад. Общая площадь поваленного леса около 2200 км^2. Моделирование формы этой области и расчеты с помощью ЭВМ всех обстоятельств падения показали, что угол наклона траектории был около 20—40°, а взрыв произошел не при столкновении тела с земной поверхностью, а еще до этого в воздухе на высоте 5—10 км.

На многих геофизических станциях Европы, Азии и Америки было зарегистрировано прохождение мощной ударной воздушной волны, шедшей от места взрыва, а на некоторых сейсмических станциях было зарегистрировано землетрясение. Интересно также, что на территории от Енисея до Атлантики ночное небо после падения метеорита было исключительно светлым (можно было в полночь читать газету без искусственного освещения). В Калифорнии было замечено также резкое снижение прозрачности атмосферы в июле — августе 1908 г.

Оценка энергии взрыва приводит к величине, превышающей энергию падения Аризонского метеорита, при котором образовался огромный метеоритный кратер диаметром 1200 м. Однако на месте падения Тунгусского метеорита никакого метеоритного кратера не было обнаружено. Это объясняется тем, что взрыв произошел еще до соприкосновения небесного тела с земной поверхностью.

Хотя исследование механизма взрыва Тунгусского метеорита еще не завершено, большинство ученых считают, что это тело, обладавшее большой кинетической энергией, имело низкую плотность (ниже плотности воды), малую прочность и высокую летучесть, что привело к его быстрому разрушению и испарению в результате резкого торможения в нижних плотных слоях атмосферы. По-видимому, это была *комета*, состоящая из замерзшей воды и газов в виде «снега», с вкрапленными тугоплавкими частицами. Кометная гипотеза метеорита была предложена еще Л. А. Куликом и затем развита академиком *В. Г. Фесенковым* на основе современных данных о природе комет. По его оценке, масса Тунгусского метеорита составляет не менее 1 млн. т, а скорость — 30—40 км/с.

Поваленный лес в районе падения Тунгусского метеорита.



В районе Тунгусской катастрофы в почве были обнаружены микроскопические силикатные и магнетитовые шарики, внешне сходные с метеорной пылью и представляющие собой распыленное при взрыве вещество ядра кометы.

Тунгусский метеорит, или, как его часто называют в научной литературе, Тунгусское падение, до конца еще не изучен. Некоторые результаты исследований еще требуют своего объяснения, хотя они и не противоречат кометной гипотезе.

Тем не менее в течение последних десятилетий были предложены и другие гипотезы, которые, однако, не подтвердились при детальных исследованиях.

Согласно одной из них, Тунгусский метеорит состоял из «антивещества». Взрыв, наблюдавшийся при падении Тунгусского метеорита, — результат взаимодействия «вещества» Земли с «антивеществом» метеорита, которое сопровождается выделением огромного количества энергии. Однако предположение о таком ядерном взрыве противоречит тем фактам, что в районе Тунгусского падения не наблюдается повышенная радиоактивность, что в горных породах нет радиоактивных элементов, которые должны были бы быть, если бы там действительно произошел ядерный взрыв.

Была предложена также гипотеза о том, что Тунгусский метеорит представлял собой микроскопическую черную дыру, которая, войдя в Землю в тунгусской тайге, пронзила ее насквозь и вышла из Земли в Атлантическом океане.

Однако явления, которые должны были бы произойти при таком событии (не говоря уже о возможности существования черных дыр малой массы), — синее свечение, вытянутая форма вывала леса, отсутствие потери массы и другие — противоречат фактам, наблюдавшимся при Тунгусском падении. Таким образом, и эта гипотеза оказалась несостоятельной.

Тунгусское падение еще не изучено до конца, работы по его разгадке продолжаются и сейчас.

У, Ф, Х

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Универсальный инструмент, или сокращенно универсал, — астрономический угломерный инструмент, снабженный двумя кругами с делениями для точного измерения вертикальных и горизонтальных углов. Конструкция зрительной трубы позволяет вести на нем наблюдения звезд даже вблизи зенита. Название инструмента подчеркивает возможность его использования для определения *географических координат,* времени и азимутов направлений. Используется преимущественно как переносной инструмент в экспедициях и дает точность измерений до $\pm 0,1''$.

Разновидность универсала — теодолит. Он более прост по конструкции и специально приспособлен для выполнения полевых геодезических работ. Если для универсала точность измерения горизонтальных и вертикальных углов одинакова, теодолит, как правило, дает возможность измерять горизонтальные углы точнее, чем вертикальные.

УРАН

Уран — седьмая по порядку от *Солнца* планета *Солнечной системы.* Уран относится к числу планет-гигантов. По диаметру он почти вчетверо больше Земли. Очень далек от Солнца (19,2 а. е.) и освещен сравнительно слабо. Уран был открыт английским ученым *В. Гершелем* в 1781 г.

Какие-либо детали на поверхности Урана различить обычно не удается из-за малых угловых размеров планеты в поле зрения телескопа. Это затрудняет его исследования, в том числе и изучение закономерностей вращения.

По-видимому, Уран (в отличие от всех других планет) вращается вокруг своей оси как бы лежа на боку. Такой наклон экватора создает необычные условия освещения: на полюсах в определенный сезон солнечные лучи падают почти отвесно, а полярный день и полярная ночь охватывают (попеременно) всю поверхность планеты, кроме узкой полосы вдоль экватора. Так как Уран обращается по орбите вокруг Солнца за 84 года, то полярный день на полюсах планеты продолжается 42 года, а затем сменяется полярной ночью такой же продолжительности. Лишь в экваториальном поясе Урана Солнце регулярно восходит и заходит с периодичностью равномерного осевого вращения планеты.

Даже в тех участках планеты, где Солнце расположено в зените, температура на Уране (точнее, на видимой поверхности облаков) около — 215°С. В таких условиях некоторые газы замерзают.

В составе атмосферы Урана по спектроскопическим наблюдениям найдены водород и небольшая примесь метана. В относительно большом количестве есть, по косвенным признакам, гелий. Как и другие планеты-гиганты, Уран имеет такой состав, вероятно, почти до самого центра. Однако средняя плотность Урана (1,58 г/см^3) несколько больше, чем плотность *Сатурна* и *Юпитера,* хотя вещество в недрах этих гигантов сжато значительно большим давлением, чем на Уране. Такую плотность Урана можно объяснить предположением о повышенном содержании гелия или существованием в недрах Урана ядра из тяжелых элементов.

Одной из необычных особенностей Урана является открытая в 1977 г. система опоясывающих его колец. Они состоят из множества отдельных непрозрачных и, по-видимому, очень темных частиц. В отличие от колец Сатурна кольца Урана — узкие, как бы «ниточные» образования. Они не видны в отраженном свете и обнаруживаются только по сильному ослаблению блеска звезд, оказавшихся для земного наблюдателя позади колец при орбитальном движении Урана. Удаленность колец от центра планеты составляет от 1,60 до 1,85 радиуса Урана.

ФАЗЫ ЛУНЫ И ПЛАНЕТ

Если мы понаблюдаем за *Луной* в течение месяца, то заметим, что она постепенно изменяет свой вид от полного диска до узкого серпа и затем, через 2—3 сут, когда она невидима, в обратной последовательности — от серпа до полного диска. При этом форма, или фазы, Луны меняется от месяца к месяцу строго периодически. Так же изменяют свой внешний вид планеты *Меркурий* и *Венера*, но только в течение более длительного периода времени. Смена фаз происходит из-за периодического изменения условий освещения названных небесных тел по отношению к наблюдателю. Освещение зависит от взаимного положения *Солнца, Земли* и каждого из рассматриваемых тел.

Когда Луна находится между Солнцем и Землей на прямой, соединяющей эти два

Так выглядит Луна в полнолуние.



светила, в этом положении к Земле обращена неосвещенная часть лунной поверхности, и мы ее не видим. Эта фаза — новолуние. Через 1—2 сут после новолуния Луна отходит в сторону от прямой, соединяющей центры Солнца и Земли, и нам с Земли виден узкий лунный серп, обращенный выпуклостью к Солнцу.

Во время новолуния та часть Луны, которая не освещена прямыми солнечными лучами, все же слегка виднеется на темном фоне неба. Это свечение назвали пепельным светом Луны. Первым правильно объяснил причину этого явления Леонардо да Винчи: пепельный свет возникает благодаря солнечным лучам, отраженным от Земли, которая в это время обращена к Луне большей частью своего освещенного Солнцем полушария.

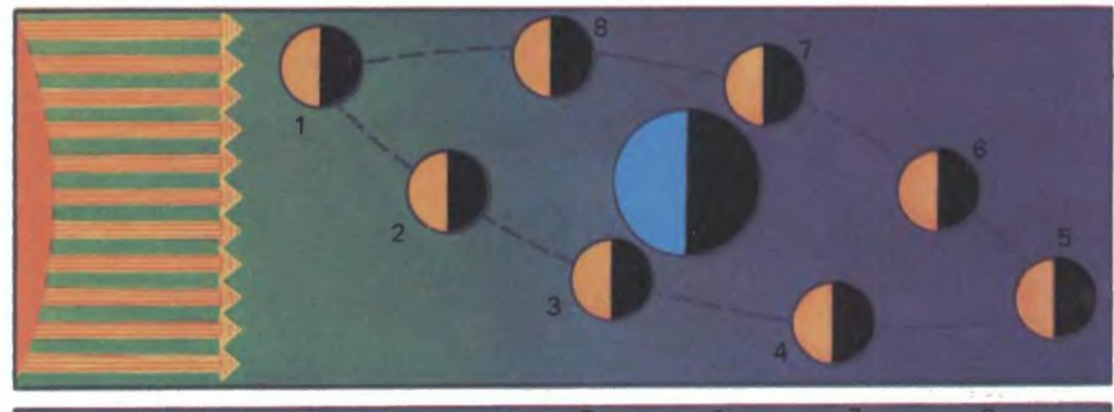
Через неделю после новолуния терминатор — граница освещенной Солнцем и темной части лунного диска — приобретает для земного наблюдателя вид прямой линии. Освещенная часть Луны составляет ровно половину видимого диска; эта фаза Луны называется первой четвертью. Поскольку в тех точках Луны, которые находятся на терминаторе, в дальнейшем наступает лунный день, то терминатор в этот период времени называют утренним.

Через две недели после новолуния Луна вновь находится на линии, соединяющей Солнце и Землю, однако на этот раз не между ними, а по другую сторону Земли. Наступает полнолуние, когда мы видим освещенным полный диск Луны. Две фазы Луны — новолуние и полнолуние — носят общее название сизигий. Во время сизигий могут происходить *затмения Солнца и Луны,* а также некоторые другие явления. Так, например, именно в период сизигий достигают наибольшей величины морские приливы (см. *Приливы и отливы*).

После полнолуния освещенная часть Луны начинает убывать, и с Земли виден вечерний терминатор, т. е. граница той области Луны, где наступает ночь. Через три недели после новолуния мы вновь наблюдаем освещенным ровно половину диска Луны. Наблюдаемая фаза — последняя четверть. Видимый серп Луны день ото дня становится у́же, и, пройдя полный цикл изменений, Луна к моменту новолуния совсем скрывается из виду. Полный период смены фаз — синодический месяц — составляет 29,53 сут.

От новолуния до полнолуния Луну называют молодой или растущей, после полнолуния — старой. Можно очень просто отличить серп растущей Луны от идущего на убыль серпа старой Луны. Если (в Северном полушарии Земли) вид серпа напоминает собой букву С, то Луна — старая. Если же, присовав мысленно палочку, можно превратить лунный серп в букву Р, то это растущая Луна.

Фазы Луны. Внизу — вид Луны для земного наблюдателя.





Планеты Меркурий и Венера также наблюдаются в различных фазах, что хорошо видно в телескоп. Люди с исключительно острым зрением могут наблюдать фазы Венеры даже невооруженным глазом. В телескоп хорошо видно, как изменяется вид серпа Венеры. После изобретения телескопа наблюдение именно этого явления послужило доказательством того, что все планеты имеют шарообразную форму и видны благодаря отраженному солнечному свету.

ФОТОЭЛЕКТРОННЫЙ УМНОЖИТЕЛЬ

Прибор, с помощью которого световое излучение превращается в электрический ток, называется фотоэлементом. Фотоэлектронный умножитель — прибор для регистрации слабых световых потоков — представляет собой разновидность фотоэлемента с системой усиления фототока. Он широко применяется при астрономических исследованиях.

Астрофотометрические методы исследования основаны на применении так называемого внешнего фотоэффекта. Сущность этого процесса состоит в том, что в металлах и полупроводниках под действием света, падающего на их поверхность, происходит высвобождение электронов. Если при этом электроны вылетают из вещества, то такой фотоэффект называется внешним.

Простейший фотоэлемент представляет собой вакуумную трубку, в которой электроны, вылетевшие из катода в результате поглощения электромагнитного излучения, ускоряются электрическим полем и движутся в направлении к положительному электроду — аноду. Число фотоэлектронов, выбитых из вещества катода, пропорционально интенсивности падающего светового потока. При некоторой разности потенциалов между электродами фотоэлемента все освобождаемые из катода электроны будут достигать анода (ток насыщения). В этом случае величина разрядного тока будет пропорциональна интенсивности света, падающего на катод.

Однако при астрономических наблюдениях, когда осуществляется регистрация весьма слабых световых потоков, сила фототока слишком мала. Для его усиления и применяются фотоэлектронные умножители, или фотоумножители.

В фотоумножителе вылетающие из катода электроны, прежде чем достичь анода, попадают на промежуточный электрод — эмиттер и выбивают из него дополнительные электроны. Вещество эмиттера подбирается с таким расчетом, чтобы каждый ударяющий в него первичный фотоэлектрон освобождал несколько вторичных электронов. Такая система позволяет усилить первичный фототок. На практике применяются многокаскадные фотоумножители, в которых вторичные электроны, испускаемые эмиттером, попадают на второй эмиттер, испускаемые вторым — на третий и т. д. В результате достигается многократное усиление первичного фототока в сотни миллионов раз.

Обычно вместо измерения среднего анодного тока применяются так называемые счетчики фотонов — фотоэлектронные умножители со специальными устройствами, которые позволяет регистрировать отдельные импульсы тока, рожденные фотонами.

В зависимости от материала фотокатода

фотоумножители чувствительны к той или иной области спектра излучения. Так, например, сурьмяно-цезневые фотокатоды чувствительны к ультрафиолетовым лучам, а кислородно-цезиевые — к значительной части видимых лучей, а также частично к инфракрасным лучам.

Фотоумножители являются основными приемниками света современной астрофотометрии, они обладают в десятки раз более высокой чувствительностью, чем самые лучшие фотографические эмульсии. Фотоумножители незаменимы при измерении яркости звезд, при определении яркости различных участков спектров астрономических объектов во всех длинах волн и ряде других астрофотометрических исследований.

ХРОНОГРАФ

Хронограф — самопишущее устройство для точной регистрации моментов времени астрономических и других наблюдений и проверки показаний различных приборов, предназначенных для измерения времени.

Принцип действия хронографа состоит в том, что отметки времени, поступающие от специальных высокоточных, так называемых опорных часов и от контролируемого прибора, совместно регистрируются тем или иным способом и сравниваются между собой.

В первых типах хронографов моменты времени отмечались особыми перьями на движущейся бумажной ленте. Но точность работы таких пишущих хронографов была сравнительно невысокой — не более 0,01 с, и в настоящее время они вышли из употребления.

В печатающих хронографах на движущейся бумажной ленте печатаются числа, отображающие моменты времени. Такие приборы обладают более высокой точностью, достигающей $\pm 0{,}005$ с.

Сейчас применяются печатающие хронографы, в которых отметки времени в соответствии с электрическими импульсами, согласованными с показаниями опорных часов, пробиваются по специальному коду в виде отверстий на перфоленте. Для дальнейшей обработки перфолента вводится в электронную вычислительную машину. В других системах отметки времени записываются на магнитную ленту, которая затем также вводится в ЭВМ.

Хорошей точностью ($\pm 0{,}001$ с) отличаются так называемые фотохронографы. В этих устройствах сигналы опорных часов и контролируемых приборов подаются в управляющую цепь импульсной лампы. Каждый поступающий сигнал вызывает кратковременную вспышку, которая фотографируется на пленку. После проявления пленки путем сравнения соответствующих световых отметок можно определить, когда поступали сигналы с проверяемого прибора, и установить степень точности его показаний.

Фотохронографы применяются главным образом при астрономических наблюдениях.

ХРОНОМЕТР

Хронометр — точные переносные часы, применяемые при астрономических наблюдениях, в экспедиционных условиях, а также при решении навигационных задач.

Необходимость в переносных приборах точного времени возникла в XVI—XVII вв. в связи с развитием мореплавания.

Первые морские хронометры появились в середине XVI в. В хронометрах маятник, стабильность колебаний которого в условиях морской качки нарушалась, был заменен балансовым регулятором. Балансовый регулятор представляет собой небольшое маховое колесико, снабженное собственной спиральной пружиной, совершающее периодические колебания относительно среднего положения. Эти колебания поддерживаются анкерным устройством, которое приводится в движение основной пружиной.

Для того чтобы период колебаний баланса не зависел от изменений температуры, его снабжают специальным биметаллическим регулятором. Обод баланса делается разрезным, а каждая из дуг спаивается из полосок двух различных металлов, обладающих различными коэффициентами теплового расширения.

При повышении температуры длина пружины баланса увеличивается и период его колебаний возрастает. Однако эти нежелательные отклонения компенсируются одновременным изменением длины биметаллических дуг обода баланса.

Благодаря применению компенсирующих устройств точность хода современных хронометров мало зависит от температуры и составляет от нескольких секунд до долей секунд за сутки. Такими хронометрами пользуются летчики, моряки, машинисты, инженеры и другие специалисты, работа которых связана с необходимостью точного измерения времени.

В 70-х гг. XX в. благодаря развитию электронной техники широкое распространение получили электронные хронометры с кварцевыми стабилизаторами частоты (см. *Кварцевые часы*). Такие хронометры приводятся в действие электричеством от миниатюрного гальванического элемента. Время в электронных хронометрах отмечается не стрелками, а цифрами на специальном табло.

Ц, Ч, Ш

ЦЕЛОСТАТ

Целостат — вспомогательное приспособление на неподвижно установленных *телескопах,* с помощью которых астрономы ведут наблюдения и фотографирование небесных светил, перемещающихся по небосводу. Особенно часто этот прибор применяется для наблюдений *Солнца.*

Целостат состоит из двух плоских зеркал. Часовой механизм вращает одно зеркало вокруг оси, параллельной плоскости этого зеркала, и оси мира (см. *Небесная сфера*). Скорость одного оборота — 48 ч. При вращении зеркала перпендикуляр к нему скользит вдоль небесного экватора и луч, идущий из любой точки вращающейся небесной сферы, отражается от зеркала в постоянном направлении. Второе, неподвижное зеркало позволяет направить луч, идущий от небесного светила, в объектив телескопа.

ЦЕФЕИДЫ

Пульсирующие *переменные звезды,* блеск которых плавно и периодически меняется, называются цефеидами. Название происходит от звезды дельта (δ) созвездия Цефея — одной из наиболее типичных для данного класса. Эту звезду легко найти на небе. Внимательно наблюдая ее в течение одной-двух недель, можно заметить, что блеск звезды периодически меняется. Изменения блеска носят правильный характер, они точно повторяются через каждый 5 дней и 8 ч. Видимая звездная величина колеблется между 4 и 5. Если построить кривую блеска, представляющую собой зависимость видимой звездной величины от времени, то легко обнаружить, что блеск звезды возрастает быстрее, чем убывает. Спектральные наблюдения показывают изменения *лучевых скоростей* и спектрального класса. Меняется также цвет звезды. Все это говорит о том, что в звезде происходят глубокие изменения общего характера. Причиной таких изменений, согласно современным представлениям, являются пульсации внешних слоев звезды. Происходит поочередное сжатие и расширение под действием двух противоборствующих сил: силы притяжения к центру звезды и силы газового давления, выталкивающей вещество наружу. Движение поверхности при пульсациях то к нам, то от нас создает колебания лучевой скорости. Спектральный класс в максимуме блеска становится более ранним. Колебания радиуса в процессе пульсаций обычно достигают 10—15%, а колебания температуры — несколько сотен градусов. Светимость в среднем меняется на одну звездную величину. Самая маленькая амплитуда колебаний светимости (0,14) у *Полярной звезды* — одной из наиболее близких к нам цефеид. Очень важной характеристикой цефеид является период. Для каждой данной звезды он постоянен с большой точностью. Известны цефеиды с различными периодами изменения их блеска — от суток до нескольких десятков суток. Цефеиды — это звезды-гиганты с большой светимостью (тысячи и десятки тысяч светимостей Солнца).

Но самое замечательное состоит в том, что между светимостью и периодом у цефеид существует зависимость: чем больше период изменения блеска цефеиды, тем больше ее светимость. Таким образом, по известному из наблюдений периоду можно определить светимость и абсолютную звездную величину звезды: сравнивая ее с наблюдаемой видимой звездной величиной, можно определить расстояние до цефеиды.

Такое свойство цефеид делает их как бы маяками Вселенной. Поскольку светимость цефеид очень велика, они видны на огромных расстояниях. Их наблюдают даже в других галактиках, определяя таким образом расстояния до этих галактик. Обнаружив цефеиды в *Туманности Андромеды* в 20-х гг. XX в. и определив расстояние до них, астрономы окончательно доказали, что наша Галактика не единственная звездная система, а лишь одна из многих. Цефеиды помогают также в определении размеров и формы нашей Галактики.

ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ

Одни из самых интересных и загадочных объектов во *Вселенной* — черные дыры. Ученые установили, что черные дыры должны возникать в результате очень сильного сжатия какой-либо массы, при котором поле тяготения возрастает настолько сильно, что не выпускает ни свет, ни какое-либо другое излучение, сигналы или тела.

Для возникновения черной дыры необходимо, чтобы масса сжалась до таких размеров, при которых вторая космическая скорость становится равной скорости света. Этот размер носит название гравитационного

С помощью целостата, установленного на неподвижном телескопе, астрономы ведут наблюдения Солнца и других небесных светил, перемещающихся по небосводу.



радиуса (см. *Гравитация)* и зависит от массы тела. Величина его очень мала даже для масс небесных тел. Так, для *Земли* гравитационный радиус приблизительно равен 1 см, для *Солнца* — 3 км.

Для того чтобы преодолеть тяготение и вырваться из черной дыры, потребовалась бы вторая космическая скорость, большая световой. Согласно *теории относительности,* никакое тело не может развить скорость большую, чем скорость света. Вот почему из черной дыры ничто не может вылететь, не может поступать наружу никакая информация. После того как любые тела, любое вещество или излучение упадут под действием тяготения в черную дыру, наблюдатель никогда не узнает, что произошло с ними в дальнейшем. Вблизи черных дыр, как утверждают ученые, должны резко изменяться свойства пространства и времени.

Если черная дыра возникает в результате сжатия вращающегося тела, то вблизи ее границы все тела вовлекаются во вращательное движение вокруг нее.

Ученые считают, что черные дыры могут возникать в конце эволюции достаточно массивных *звезд.* После исчерпания запасов ядерного горючего звезда теряет устойчивость и под действием собственной гравитации начинает быстро сжиматься. Происходит так называемый *гравитационный коллапс.* В это время возможны различные катастрофические явления.

Они приводят к сбросу части внешних оболочек звезды. Но центральное ядро, если оно достаточно массивно, может сжаться до размеров гравитационного радиуса и превратиться в черную дыру.

Поиски черных дыр во Вселенной проводятся по их сильному полю тяготения, по тем эффектам, которые возникают при падении в этом поле окружающего вещества.

Наиболее сильно эффекты проявляются тогда, когда черная дыра входит в состав двойной звездной системы (см. *Рентгеновская астрономия),* в которой одна звезда — яркий гигант, а второй компонент — черная дыра. В этом случае газ из оболочки звезды-гиганта течет к черной дыре, закручивается вокруг нее, образуя диск. Слои газа в диске трутся друг о друга, по спиральным орбитам медленно приближаются к черной дыре и в конце концов падают в нее. Но еще до этого падения у границы черной дыры газ разогревается трением до температуры в миллионы градусов и излучает в рентгеновском диапазоне (см. *Электромагнитное излучение небесных тел).* По этому рентгеновскому излучению астрономы пытаются обнаружить черные дыры в двойных звездных системах.

Весьма вероятно, что рентгеновский источник в созвездии Лебедя — Лебедь-Х-1 является такой черной дырой.

Возможно, что очень массивные черные дыры возникают в центрах компактных звездных скоплений (см. *Звездные скопления и ассоциации),* в центрах *галактик* и *квазарах.*

Черные дыры должны возникать в результате очень сильного сжатия.



Не исключено также, что черные дыры могли возникать в далеком прошлом, в самом начале *расширения Вселенной.* В этом случае возможно образование и очень маленьких черных дыр с массой гораздо меньшей, чем масса небесных тел.

Этот вывод особенно интересен потому, что вблизи таких маленьких черных дыр поле тяготения может вызывать специфические квантовые процессы «рождения» частиц из вакуума. С помощью потока этих частиц можно обнаружить маленькие черные дыры во Вселенной.



Шемахинская астрофизическая обсерватория. Башня рефлектора с диаметром зеркала 2 м.

Квантовые процессы рождения частиц приводят к медленному уменьшению массы черных дыр, к их «испарению».

Существование черных дыр предсказано теоретически, но пока они с полной достоверностью не обнаружены. Поиски их во Вселенной продолжаются.

ШЕМАХИНСКАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ

Шемахинская астрофизическая обсерватория Академии наук Азербайджанской ССР основана в 1960 г. Расположена она у восточных отрогов Большого Кавказского хребта, северо-западнее г. Шемахи, на высоте 1435 м над уровнем моря.

В работе обсерватории выделяются три основных направления: физика *Солнца,* физика *звезд,* динамика тел *Солнечной системы.*

В области физики Солнца особое внимание уделяется исследованию характера развития солнечных вспышек, их связи с магнитным полем на Солнце, структуры солнечной атмосферы.

В звездной тематике большое место занимают исследования природы нестационарных, *переменных* и *двойных звезд* с протяженными оболочками, строения и эволюции сверхплотных звезд.

Работы ученых-теоретиков обсерватории посвящены вопросу природы звезд в конечной стадии их эволюции (см. *Звезды*). Астрономы Шемахинской обсерватории изучают закономерности в движении тел Солнечной системы, исследуют атмосферы планет и их спутников.

Большое значение имеют работы по изучению структуры и эволюции *малых планет* — астероидов. Этими работами математически обоснована возможность образования астероидов путем неоднократного распада нескольких первичных крупных тел.

Основные инструменты обсерватории: двухметровый телескоп-рефлектор, фотоэлектрический телескоп, менисковый телескоп, горизонтальный *солнечный телескоп,* хромосферно-фотосферный телескоп.

Э, Ю, Я

ЭКЛИПТИКА

Эклиптика — воображаемая линия (большой круг) *небесной сферы*, по которой Солнце в течение года перемещается среди звезд. Поскольку годичное движение Солнца отражает реальное обращение *Земли* по орбите, эклиптика является следом от сечения небесной сферы плоскостью, параллельной плоскости земной орбиты.

Эта плоскость называется плоскостью эклиптики. Угол наклона плоскости эклиптики к небесному экватору равен углу наклона плоскости экватора Земли к плоскости ее орбиты и составляет около 23,5°.

Название «эклиптика» происходит от греческого слова «затмение», ибо с древних времен подмечено, что лунные и солнечные затмения могут происходить только тогда, когда Луна в своем движении по небосводу пересекает эклиптику. Эклиптика проходит через 12 созвездий, которые называют зодиакальными созвездиями (см. *Зодиак*). Плоскость эклиптики является основной в эклиптической системе небесных координат.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ

Электромагнитное излучение небесных тел — основной источник информации о космических объектах. Исследуя электромагнитное излучение, можно узнать температуру, плотность, химический состав и другие характеристики интересующего нас объекта.

Полное описание свойств электромагнитного излучения и его взаимодействия с веществом дается квантовой электродинамикой — одной из самых сложных теорий современной физики. Согласно этой теории, электромагнитное излучение обладает как волновыми свойствами, так и свойствами потока частиц, называемых фотонами или квантами электромагнитного поля.

Волновые свойства электромагнитного излучения определяются взаимодействующими переменными электрическими и магнитными полями. Так же как и любая волна, электромагнитное излучение характеризуется частотой, обозначаемой обычно буквой ν, и длиной волны λ.

Длина волны и частота связаны друг с другом формулой
$\nu = c/\lambda$,
где c — скорость света. Очень важным свойством электромагнитного излучения является то, что скорость его распространения в вакууме не зависит ни от длины волны, ни от скорости движения источника и всегда равна 300 000 км/с.

Если рассматривать электромагнитное излучение как поток фотонов, то его основная характеристика определяется энергией фотонов E, связанной с частотой формулой Планка:
$E = h\nu$,
где h — постоянная Планка, ν — частота излучения.

Хотя физическая природа и основные свойства одинаковы для всех электромагнитных волн, характер взаимодействия с веществом и методы исследования излучения, имеющего разную длину волны, сильно отличаются. В связи с этим электромагнитное излучение небесных тел условно делится на несколько диапазонов.

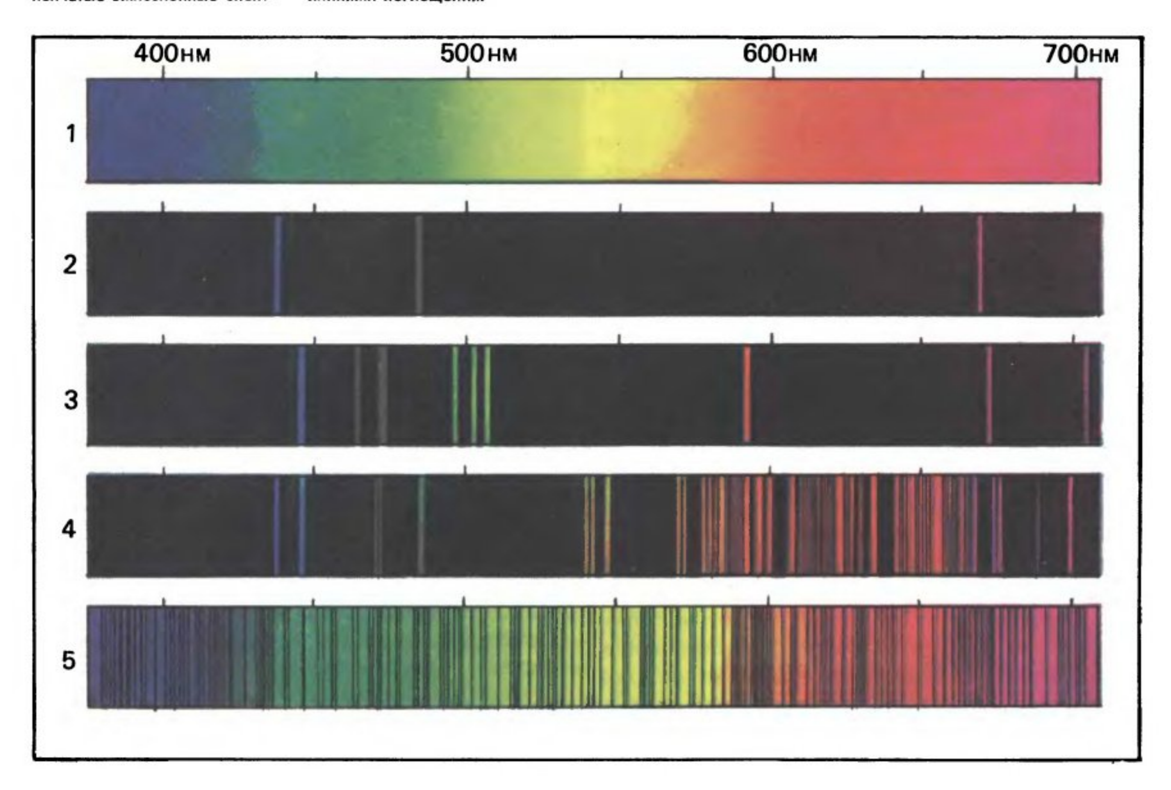
Излучение с длиной волны от 390 нм до 760 нм человеческий глаз воспринимает как свет, причем разным длинам волн соответствуют разные цвета: фиолетовый, синий и голубой — от 390 нм до 500 нм; зеленый и желтый — от 500 нм до 590 нм; оранжевый и красный — от 590 нм до 760 нм. Для обнаружения излучения из других диапазонов требуются специальные приборы.

Диапазоны электромагнитного излучения

Название	Длина волны
Гамма-лучи	меньше 0,01 нм
Рентгеновские лучи	от 0,01 до 10 нм
Ультрафиолетовые лучи	от 10 до 390 нм
Видимые лучи	от 390 до 760 нм
Инфракрасные лучи	от 760 нм до 1 мм
Радиоволны	больше 1 мм

Изучение электромагнитных волн, испускаемых небесными телами, затрудняется поглощением в земной атмосфере, которая пропускает лишь излучение в диапазонах длин волн от 300 нм до 1000 нм, от 1 см до 20 м и в нескольких «окнах прозрачности» в инфракрасном диапазоне. На этих длинах волн наблюдения могут производиться с Земли. Наблюдения в других диапазонах возможны

Виды спектров: 1 — непрерывный спектр; 2 — 4 — линейчатые эмиссионные спектры; 5 — непрерывный спектр Солнца с многочисленными линиями поглощения.



только с помощью приборов, поднятых на большую высоту на самолетах и воздушных шарах или установленных на ракетах и искусственных спутниках Земли.

Обычно небесные тела излучают сразу на многих длинах волн. Распределение энергии излучения по длинам волн называется спектром излучения, а определение характеристик излучающих тел по их спектру — спектральным анализом. Различают три основных вида спектров: непрерывный спектр, линейчатый спектр поглощения и линейчатый эмиссионный спектр.

В непрерывном спектре присутствует излучение в широком диапазоне длин волн. Такой спектр имеет излучение нагретого плотного вещества, причем, чем выше температура, тем на меньшую длину волны приходится максимум излучаемой телом энергии. Другой пример с непрерывным спектром — облако электронов, движущихся с большой скоростью в магнитном поле. Возникающее при этом излучение называется синхротронным излучением.

Спектр поглощения образуется при прохождении излучения с непрерывным спектром через холодный газ. При этом каждый газ поглощает на определенных длинах волн. Участки спектра, на которых происходит заметное поглощение, называются линиями поглощения. Так, например, при прохождении излучения через холодный водород образуются линии поглощения на длинах волн 121,6 нм, 102,6 нм и др. Нейтральный гелий сильнее всего поглощает на длине волны 58,4 нм.

Излучение горячих разреженных газов имеет линейчатый эмиссионный спектр. Атомы каждого элемента излучают в характерных для данного элемента участках спектра, называемых эмиссионными линиями. Причем на тех длинах волн, на которых холодный газ поглощает, в нагретом состоянии этот же газ излучает. Сравнивая длины волн линий поглощения, наблюдаемых в спектрах небесных тел, с полученными в лаборатории или рассчитанными теоретически спектрами различных веществ, можно определить химический состав излучающего космического объекта. Кроме того, по спектру можно определить температуру, плотность, силу тяжести и напряженность магнитного поля в источнике излучения, а также измерить скорость его приближения или удаления от наблюдателя.

При взаимодействии с веществом электромагнитное излучение оказывает на него давление. У большинства небесных тел сила давления излучения ничтожно мала по сравнению с другими действующими силами, однако в молодых горячих звездах большой светимости и в некоторых рентгеновских источниках давление излучения может играть важную роль и должно учитываться при изучении этих объектов.

ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

Электронно-оптический преобразователь (ЭОП) — вакуумный фотоэлектронный прибор для преобразования невидимого глазом изображения объекта (в инфракрасных, ультрафиолетовых и рентгеновских лучах) в видимое, а также для усиления яркости видимого изображения.

Принцип работы ЭОП следующий. Изображение космического объекта, полученное с помощью *телескопа,* проецируется на фотокатод электронно-оптического преобразователя. Вылетающие при этом из фотокатода под действием электромагнитного излучения электроны (см. *Фотоэлектронный умножитель*) с помощью специальной системы фокусирующих и ускоряющих электродов (электронной оптики) направляются на флюоресцирующий экран, напоминающий экран обычного телевизора, только маленького размера (несколько квадратных сантиметров). Вследствие того что число фотоэлектронов, вылетающих в единицу времени из каждой точки фотокатода, пропорционально интенсивности освещения данного участка, на приемном экране создается изображение наблюдаемого объекта, аналогичное исходному, но уже в видимых лучах. Это изображение с помощью дополнительной оптической системы можно фотографировать. Благодаря этому электронно-оптические преобразователи дают возможность наблюдать или фиксировать на обычную фотопластинку космические объекты, излучающие в невидимой части спектра. Фотокатод может быть чувствителен к различным лучам, в том числе невидимым. В этом случае ЭОП преобразует, например, инфракрасные лучи в видимый свет.

Существуют также электронно-оптические преобразователи, использующиеся для фотографирования наблюдаемых объектов без промежуточного флюоресцирующего экрана, — так называемые электронные камеры. В таком приборе поток фотоэлектронов непосредственно воздействует на специальную фотопластинку или пленку, чувствительную к ударам электронов высокой энергии.

Простые, или однокамерные, электронно-оптические преобразователи способны обеспечить сравнительно небольшое усиление яркости изображения. Поэтому они применяются в основном при наблюдении довольно ярких космических объектов — *Солнца, звезд* и *планет,* главным образом в инфракрасной области электромагнитного излучения.

Наряду с однокамерными сконструированы и так называемые многокамерные электронно-оптические преобразователи. Они представляют собой комбинацию последовательно соединенных тем или иным способом однокамерных ЭОП. С помощью подобных систем можно получать усиление яркости первичного изображения в сотни тысяч раз.

При астрономических наблюдениях электронно-оптические преобразователи широко используются для регистрации спектров звезд, *туманностей* и *галактик.* Значительное усиление яркости изображения этими приборами позволяет, с одной стороны, получить спектры очень слабых объектов, а с другой — существенно сократить продолжительность экспозиции. А это, в свою очередь, дает возможность за то же время наблюдений получить значительно большее количество материала, чем с помощью обычной фотографии.

Электронно-оптические преобразователи — незаменимые приемники инфракрасного излучения. А это излучение — один из важнейших вестников Вселенной. Инфракрасные лучи обладают весьма ценным свойством: они хорошо проходят сквозь межзвездную среду — пылевые и газовые туманности. Так, с помощью электронно-оптического преобразователя, чувствительного к инфракрасному излучению, в 1948 г. советскими астрофизиками на *Крымской астрофизической обсерватории* АН СССР была впервые получена фотография центрального района нашей *Галактики* — ее ядра.

ЭЛЕМЕНТЫ ОРБИТЫ

Элементы орбиты — шесть величин, определяющих форму и размеры орбиты небесного тела, ее положение в пространстве, а также положение самого небесного тела на орбите. Элементы орбиты описывают закон движения небесного тела: зная их, можно вычислить, в какой точке пространства находится небесное тело в любой заданный момент времени.

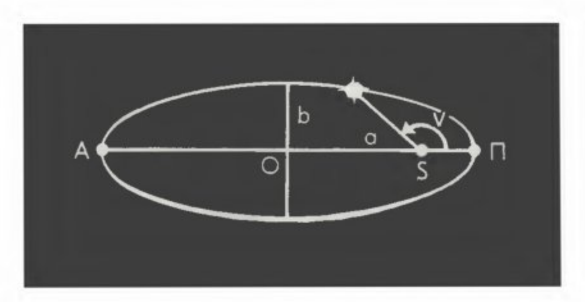
Форма и размеры орбиты определяются большой полуосью орбиты ($a=\mathrm{ОП}$) и эксцентриситетом орбиты e:

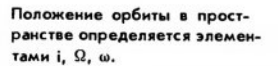
$$e=\frac{\mathrm{OS}}{a}=\frac{\sqrt{a^2-b^2}}{a},$$

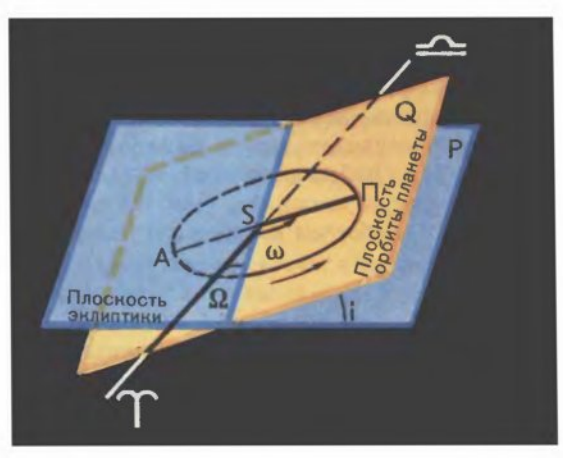
где b — малая полуось орбиты. Для эллиптической орбиты значения эксцентриситета заключены в пределах: $0 \leqslant e < 1$. При $e=0$ орбита имеет форму окружности; чем ближе эксцентриситет к единице, тем более вытянута орбита. При $e=1$ орбита уже не замкнута и имеет вид параболы; при $e>1$ орбита гиперболическая (см. *Орбиты небесных тел*).

Ориентация орбиты в пространстве определяется относительно некоторой плоскости, при-

Положение небесного тела на орбите определяется углом V, который называется истинной аномалией.




Положение орбиты в пространстве определяется элементами i, Ω, ω.



нятой за основную. Для планет, комет и других тел Солнечной системы такой плоскостью служит плоскость *эклиптики.* Положение плоскости орбиты задается двумя элементами орбиты: долготой восходящего узла Ω и наклоном (наклонением) орбиты i. Долгота восходящего узла — это угол при Солнце между линией пересечения плоскостей орбиты и эклиптики и направлением на *точку весеннего равноденствия.* Угол отсчитывается вдоль эклиптики от точки весеннего равноденствия γ по часовой стрелке до восходящего узла орбиты Ω, т. е. той точки, в которой тело пересекает эклиптику, переходя из южной полусферы в северную. (Противоположная точка называется нисходящим узлом, а линия, соединяющая узлы, — линией узлов.) Долгота восходящего узла может иметь значения от 0 до 360°.

При изучении движения искусственных спутников Земли в качестве основной берут плоскость экватора; в этом случае линия узлов — это линия пересечения плоскостей орбиты и небесного экватора. Ее положение определяется прямым восхождением восходящего узла α_{Ω}, отсчитываемого от точки весеннего равноденствия вдоль экватора (см. *Небесная сфера).*

Положение орбиты в плоскости Q определяется аргументом перигелия ω, представляющим собой угловое расстояние перигелия орбиты от восходящего узла: ω = ΩП. Аргумент перигелия отсчитывается в плоскости орбиты в направлении движения небесного тела и может иметь любые значения от 0 до 360°. Для искусственных спутников Земли этот элемент орбиты называется аргументом перигея.

В качестве шестого элемента, определяющего положение небесного тела на орбите в какой-нибудь определенный момент времени, используют момент прохождения через перигелий T_0. Положение тела на орбите в любой другой момент определяется с помощью законов Кеплера. Угол при Солнце, отсчитанный от направления на перигелий до направления на тело, называется истинной аномалией v. Истинная аномалия при движении тела по орбите изменяется неравномерно; в соответствии со вторым законом Кеплера тело движется быстрее около перигелия П и медленнее — у афелия А. Истинную аномалию вычисляют по известным формулам с помощью вспомогательной величины, называемой средней аномалией M. Средняя аномалия изменяется равномерно, причем она равна 0 и 180° одновременно с истинной аномалией (т. е. фиктивная точка, определяющая среднюю аномалию, проходит через перигелий и афелий в тот же момент, что и реальное тело).

Среднюю аномалию M_0 тела в эпоху (т. е. в некоторый заданный момент времени, например в начале заданных суток) используют часто вместо шестого элемента T_0. Иногда вместо этого элемента задают T_{Ω} — момент прохождения тела через восходящий узел орбиты.

При известной массе центрального тела большая полуось орбиты a однозначно связана со средним движением n тела по орбите и периодом обращения P. Эти величины могут задаваться в качестве одного из элементов орбиты вместо a.

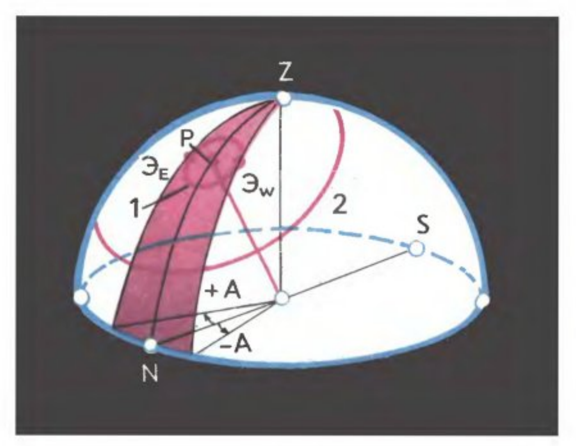
Элементы орбиты постоянны только в случае задачи двух тел (см. *Небесная механика).* Если же на движение тела оказывает влияние притяжение третьих тел или какие-либо иные силы (например, сопротивление атмосферы в случае искусственных спутников Земли), то элементы орбиты непрерывно медленно изменяются.

В этом случае понятие периода обращения приобретает несколько значений, в зависимости от того, относительно какой точки он отсчитывается. Так, полный период обращения, отсчитанный относительно направления на ту или иную звезду, называется сидерическим периодом. Если период отсчитывается относительно перигелия, то он носит название аномалистического периода; если относительно восходящего узла, то название драконического периода. В случае невозмущенного (кеплеровского) движения все эти периоды имеют одинаковое значение; при возмущенном движении они могут существенно различаться.

ЭЛОНГАЦИЯ ЗВЕЗД

Элонгации звезд — характерные положения звезд в их видимом суточном обращении вокруг полюса мира. Наблюдаются только у околополярных светил, верхняя *кульминация* которых происходит между полюсом мира и зенитом (см. *Небесная сфера*). Из геометрии небесной сферы видно, что для таких светил азимут (см. *Небесные координаты*) в процессе движения по суточной параллели колеблется в пределах ±A от точки севера, причем абсолютная величина [A]⩽90°. Элонгацией называют такое положение звезд, когда их азимут принимает крайние значения. В это время звезда движется только по высоте. В зависимости от того, в какой стороне небесной сферы они происходят, различают элонгации восточные и западные. Элонгации звезд не следует путать с элонгациями планет (см. *Конфигурации*).

Элонгация звезд.



На рисунке звезда 1 имеет восточную элонгацию $Э_E$ и западную элонгацию $Э_W$. Звезда 2 элонгаций не имеет.

ЭФЕМЕРИДЫ

Эфемериды — таблицы, содержащие сведения о положении небесных светил в небе, скорости их движения, звездных величинах и другие данные, необходимые для астрономических наблюдений. Эфемериды составляются для будущих моментов времени по результатам выполненных ранее наблюдений. При вычислении эфемерид используются теории движения небесных светил, законы изменения их блеска (например, у *переменных звезд)* и т. п.

В зависимости от точности используемых материалов эфемериды вычисляются вперед для различных периодов времени. Так, эфемериды *малых планет,* содержащие их небесные координаты, составляются на год и более вперед. Эфемериды же искусственных спутников Земли, на движение которых оказывают влияние некоторые силы, не поддающиеся достаточно точному учету (например, сопротивление атмосферы, плотность которой постоянно меняется), могут быть с необходимой точностью составлены только на 1—2 мес вперед.

Эфемериды могут содержать также значения установочных углов для телескопов, фазы Луны и другие сведения, помогающие рационально провести наблюдения.

ЮЛИАНСКИЙ ПЕРИОД

Юлианский период — система счета времени в сутках, предложенная в 1583 г. французским ученым Ж. Скалигером для хронологических расчетов. Широко применяется в астрономии как удобная шкала времени при исследовании различных астрономических явлений.

Удобство юлианского периода заключается в том, что все дни в нем занумерованы по порядку, независимо от принятой календарной системы, номера года, месяца, недели. По предложению Скалигера счет дней ведется от полудня 1 января 4713 г. до н. э. Юлианский период рассматривался им как наименьшее кратное трех меньших периодов: 1) периода в 28 лет, через который календарные числа приходятся на те же дни недели; 2) периода в 19 лет, через который фазы Луны приходятся на те же календарные числа (метонов цикл); 3) периода в 15 лет, употреблявшегося в римской налоговой системе и хронологии. Общая продолжительность юлианского периода составляет 7980 лет.

В хронологии юлианский период дает возможность связывать различные календарные эры, выражая их эпохи через дни юлианского периода, или, как обычно говорят, через юлианские дни.

В астрономических ежегодниках и календарях или в специальных таблицах даются целые числа юлианских дней, прошедших с начала счета до среднего гринвичского полудня данной даты. Так, например, средний гринвичский полдень 7 ноября 1917 г. (по новому стилю) в юлианских днях выразится числом 2 421 540, а 7 ноября 1987 г. — числом 2 447 107. Вычитая первое число из второго, получим 25 567 средних солнечных суток, прошедших между этими двумя датами, знаменательными для нашей страны.

В астрономии за начало юлианских дней принимают средний гринвичский полдень (не полночь!). Таким образом, любой момент времени выражают неправильной десятичной дробью, где целая часть — количество юлианских дней, протекших к последнему среднему гринвичскому полудню, а дробная часть — интервал времени, прошедший после полудня и выраженный в долях средних солнечных суток (см. *Измерение времени*). Так, юлианский день, соответствующий новогодней полуночи 1987 г. в Москве, определяется следующим образом.

Во всемирном времени интересующий нас момент равен 1986 г. 31 декабря 21 ч 00 мин 00 с. В гринвичский полдень 31 декабря 1986 г. истек 2446796-й день юлианского периода. 9 ч, прошедшим после полудня, соответствует 0,375 сут. Значит, московская новогодняя полночь 1987 г. в юлианском периоде будет выражена числом *JD* 2446796,375, где буквы *JD* показывают, что это юлианские дни.

Для счета интервалов времени, не выходящих за пределы XX в., удобно пользоваться модифицированным юлианским периодом, введенным в практику в 50-х гг. нашего столетия. Он отличается от классического только эпохой начала счета суток: начальный момент модифицированного юлианского периода перенесен на 2400000, 5 сут вперед и начинается в полночь 17 ноября 1858 г. Обозначаются дни этого счета времени буквами *MJD*. Определить номер дня XX в. в модифицированной системе счета дней можно с помощью приведенных таблиц.

В табл. 1 даны номера дней, предшествующих 1 января каждого високосного года XX в. (этот день условно обозначается нулевым числом: 0-ое (нулевое) января). В табл. 2 указано количество дней, прошедших от 0-го января високосного года до 0-го числа каждого месяца в последующее четырехлетие.

Таблица 1. **Номер дня 0-го января високосных лет**

Год	MJD	Год	MJD
1900	15018	1952	34011
1904	16479	1956	35472
1908	17940	1960	36933
1912	19401	1964	38394
1916	20862	1968	39855
1920	22323	1972	41316
1924	23784	1976	42777
1928	25245	1980	44238
1932	26706	1984	45699
1936	28167	1988	47160
1940	29628	1992	48621
1944	31089	1996	50082
1948	32550		

Для определения дня *MJD* любой заданной даты следует сложить три числа: 1) выбранный из табл. 1 номер 0-го января високосного года, ближайшего предшествующего заданному году; 2) взятое из табл. 2 количество дней, прошедших от 0-го января високосного года до 0-го числа заданного месяца, причем число нужно выбирать из строки, в которой в столбце «год» стоит количество полных лет, прошедших от начала високосного года до заданного; 3) заданное календарное число.

Определите, например, *MJD* 9 мая 1986 г. Предшествующий високосный год 1984. До заданной даты от 0-го января 1984 г. прошло 2 полных года (1986—1984=2). 0-го января 1984 г. соответствует 45 699 (табл. 1); 0-го мая 1986 г. соответствует 851 (табл. 2); 3) календарное число 9. Дате 9 мая 1986 г. соответствует 46 559 (45 699+851+9).

По таблицам вы можете провести и обратный расчет: определить календарную дату, соответствующую заданному *MJD*. Для этого в таблице 1 найдите значение *MJD*, ближайшее к заданному со стороны меньших его значений; отметьте соответствующий високосный год. По разности между заданным *MJD* и табличным с помощью таблицы 2 таким же путем определите число лет, прошедших после високосного года, и месяц. День месяца равен разности между заданным *MJD* и суммой двух найденных вами табличных значений. Таблица 3 позволяет определить любой день недели.

Таблица 3. **Дни недели**

Остаток от деления на 7	День недели
0	среда
1	четверг
2	пятница
3	суббота
4	воскресенье
5	понедельник
6	вторник

Для этого нужно вычислить *MJD* этой даты и найти остаток от деления *MJD* на 7. Например, 1 мая 1987 г. соответствует *MJD* 46 916. Остаток от деления этого числа на 7 равен 2. Из таблицы видно, что этот день — пятница.

Таблица 2. **Количество суток, прошедших до 0-го (нулевого) числа каждого месяца четырехлетнего интервала (в 1900 г. для 0-го января следует брать 1, а для 0-го февраля 32)**

Год	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
0	0 (1)	31 (32)	60	91	121	152	182	213	244	274	305	335
1	366	397	425	456	486	517	547	578	609	639	670	700
2	731	762	790	821	851	882	912	943	974	1004	1035	1065
3	1096	1127	1155	1186	1216	1247	1277	1308	1339	1369	1400	1430

ЮНЫЕ АСТРОНОМЫ

Что дает подросткам занятие в коллективах юных астрономов?

Во-первых, знакомство с *астрономией*, с историей формирования представлений человека о *Вселенной,* с разнообразными методами исследований *космоса* необычайно расширяет их кругозор.

Во-вторых, в процессе серьезных занятий астрономией развивается умение работать с литературой, вести систематические наблюдения, обработку результатов, формируются навыки обращения с разнообразным оборудованием, приобретается умение многое делать своими руками.

В-третьих, широкий интерес окружающих к загадкам Вселенной и относительно малое число специалистов-астрономов создают предпосылки для превращения каждого члена коллектива в активного пропагандиста знаний.

В-четвертых, древнейшая наука астрономия до сих пор остается одной из немногих областей, где подростки могут внести свой посильный вклад в исследовательскую работу.

И наконец, занятия астрономией делают жизнь более содержательной и интересной.

Лишь немногие из сегодняшних юных любителей астрономии станут завтра астрономами-профессионалами. Но всегда над нами будет *звездное небо,* созерцание которого принесет тем бо́льшую радость, чем полнее наши знания о небесных объектах. Не следует забывать также, что серьезную исследовательскую, конструкторскую и пропагандистскую работу в избранной области можно будет вести в дальнейшем, став действительным членом *Всесоюзного астрономо-геодезического общества.*

Знания, умения и навыки, приобретенные в коллективе юных астрономов, несомненно, окажутся полезными специалистам любой профессии.

Астрономические кружки. Каждый год возникают в нашей стране новые коллективы юных астрономов.

Больше всего таких кружков в европейской части РСФСР и на Украине. Крупные объединения юных астрономов, в которых занимаются сотни школьников, действуют в Москве и Ленинграде, в Горьковской и Ярославской областях, в Симферополе и Челябинске.

Что представляют собой коллективы юных астрономов?

Большинство из них — небольшие школьные кружки, созданные под руководством учителей на базе физических кабинетов. Ведь в обязательном перечне оборудования этих кабинетов есть *телескопы,* спектроскопы, наборы линз и зеркал, другие приборы и наглядные пособия, необходимые для юных астрономов. В некоторых школах благодаря настойчивости учителей и школьников построены свои обсерватории и планетарии. Чаще всего школьные астрономические комплексы создаются руками самих ребят.

Более крупные объединения юных любителей астрономии создаются в Домах и Дворцах пионеров, клубах и станциях юных техников. Во многих Дворцах пионеров, построенных в последние годы, обсерватории и планетарии предусматриваются проектом.

Несколько десятков кружков для ребят успешно работают при планетариях и обсерваториях. Одним из старейших кружков является кружок Московского планетария.

Осенью 1935 г. газета «Пионерская правда» пригласила всех ребят, желающих вести *астрономические наблюдения,* в планетарий для получения консультаций. В зале планетария собралось более 100 школьников, многие принесли самодельные инструменты для наблюдения. Собравшиеся с энтузиазмом восприняли предложение объединиться в кружок. С тех пор на регулярных собраниях кружковцы выступали с докладами, проводили наблюдения на различных инструментах, мастерили простейшие телескопы. Ребят особенно привлекала возможность изучать звездное небо с помощью первого и тогда единственного в стране аппарата планетарий. Со временем в Московском планетарии стали работать 3 кружка: для школьников младшего, среднего и старшего возраста.

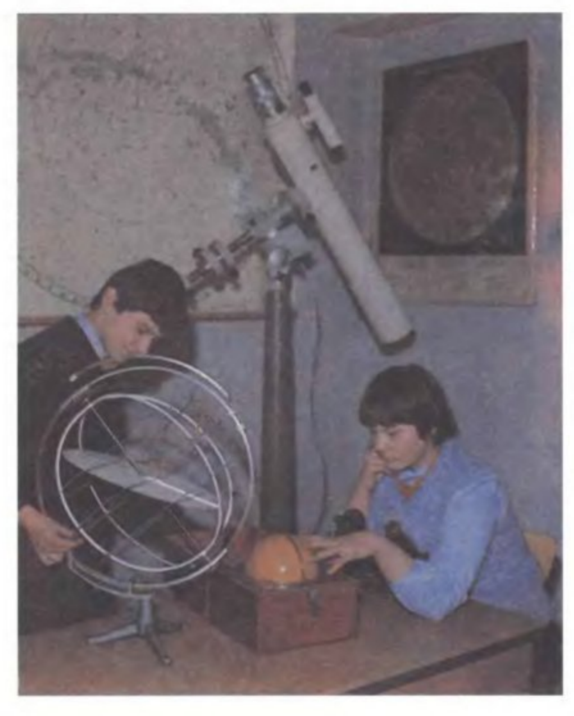
В кружках при планетарии сложилось много интересных традиций. Кружковцы проводят дни открытых дверей, организуют научно-теоретические конференции, выпускают стенные газеты. Ребятам младшего возраста помогают в работе старшеклассники.

Многие из ребят, работавших в кружках Московского планетария, стали сейчас видными учеными-астрономами.

В ряде случаев астрономические объединения школьников входят на правах секций и филиалов в научные общества учащихся (НОУ). Здесь под руководством специалистов (ученых, аспирантов, студентов, преподавателей школ, инженеров) школьники ведут посильную исследовательскую работу. В ряде случаев именно коллективы юных исследователей Вселенной становились ядром будущего многопрофильного общества. Так было, например, в Симферополе, Иркутске, Волгограде. Бывает и наоборот: появлению астрономических коллективов способствует создание научных обществ.

Как правило, в научных обществах, имеющих поддержку городских и областных организаций, легче решаются вопросы подбора руководителя кружка, материального обеспечения занятий, появляется возможность публиковать результаты проводимых иссле-

Прежде чем проводить наблюдения, юные астрономы должны изучить системы небесных координат.



дований. Кроме того, областные и республиканские научные общества организуют загородные лагеря, слеты и конференции, где могут встречаться и обмениваться опытом и юные астрономы — представители различных коллективов.

Детские и юношеские астрономические коллективы, несмотря на то что у всех у них один предмет изучения — Вселенная, различаются по содержанию своей работы.

Работа крупных, развитых кружков чаще всего многопланова: теоретические и лабораторные занятия по программе, учебные и исследовательские наблюдения, изготовление приборов и наглядных пособий. Члены кружка становятся пропагандистами знаний в школе, во дворе. Они проводят астрономические беседы и викторины, организуют конкурсы научно-фантастических проектов, диспуты, вечера вопросов и ответов, демонстрируют в телескоп небесные объекты. Именно так строят свою работу коллективы Москвы, Ленинграда, Новосибирска, Симферополя, Баку, Горького, Ярославля, Киева, Челябинска, Саратова.

Но и в этих комплексных коллективах существуют «любимые» направления работы. Так, у юных астрономов Москвы наиболее успешно ведется исследование предполагаемых метеоритных кратеров, наблюдение *серебристых облаков* и изучение солнечно-земных связей; в Новосибирске прекрасно налажены наблюдения *переменных звезд, комет,* серебристых облаков, интенсивно ведется астроприборостроение; коллектив наблюдателей Крыма издавна славен исследованиями *метеоров* и телескопостроением; в Баку создаются мощные телескопы и совершенные астрографы.

Вместе с тем некоторые коллективы работают в узком направлении. Одни из них уделяют основное внимание пропаганде знаний и почти не ведут наблюдений, другие ограничивают свою деятельность постройкой телескопов, в отдельных кружках все внимание отдается наблюдениям и почти не проводятся теоретические занятия. На первом этапе существования кружка такое положение вполне оправданно и допустимо. Но со временем все-таки надо стремиться к разнообразным формам работы. Ведь именно в комплексном кружке юный любитель астрономии сможет с наибольшей полнотой проявить и развить свои способности и интересы.

Юношеская секция ВАГО. В настоящее время сложилась стройная система работы с юными астрономами Советского Союза. Их деятельностью руководит Центральный совет Всесоюзного астрономо-геодезического общества и Бюро юношеской секции ВАГО. В составе бюро наиболее опытные руководители юношеских астрономических коллективов страны. Все общесоюзные мероприятия юных астрономов планируются, готовятся и осуществляются юношеской секцией ВАГО совместно с ЦК ВЛКСМ, правлением Всесоюзного общества «Знание» и Министерством просвещения СССР. В сотрудничестве с этими организациями ВАГО проводит Всесоюзные слеты и конференции юных астрономов, смотры творческих работ, семинары руководителей детских и юношеских астрономических коллективов.

По инициативе Бюро юношеской секции ВАГО активисты астрономических кружков Советского Союза получили возможность ежегодно встречаться и обмениваться опытом во время Всесоюзной недели науки, техники и производства. Такие слеты школьников ЦК ВЛКСМ и другие центральные организации проводят в дни зимних каникул поочередно в столицах союзных республик и других крупных городах страны. Секция юных астрономов и космонавтов под руководством ВАГО работает также во время Всероссийских слетов актива научных обществ учащихся.

В дни слетов юные любители науки встречаются с крупнейшими учеными нашей страны, посещают научно-исследовательские и учебные институты, промышленные предприятия. На секциях проходит конкурсное прослушивание докладов исследовательского и реферативного характера. Последняя Всесоюзная тематическая конференция юных астрономов, посвященная обсуждению программы научно-любительских наблюдений ко-

меты Галлея и связанных с ней метеорных потоков, состоялась летом 1984 г. Участники конференции прослушали интересные доклады, для них были организованы встречи с учеными в Институте космических исследований и Государственном астрономическом институте им. П. К. Штернберга в Москве.

Расскажем подробнее о Всесоюзных слетах юных астрономов.

Первый слет был проведен в июле 1969 г. в Баку и на *Шемахинской астрофизической обсерватории* АН Азербайджанской ССР. Место проведения большого сбора юных астрономов выбирается обычно таким образом, чтобы его базой могли стать и профессиональная обсерватория, и сильный коллектив любителей астрономии. Именно такой коллектив сложился в Бакинском Дворце пионеров.

Базой второго слета, который состоялся в Москве в 1972 г., стали *Астрономический институт им. П. К. Штернберга,* отдел астрономии и космонавтики Московского городского Дворца пионеров и школьников. Несколько дней участники слета работали в павильоне «Юные натуралисты и техники» на ВДНХ СССР. Дело в том, что начиная с 1971 г. одновременно со слетом проводится смотр творческих работ юных астрономов. В павильоне в дни слета был широко развернут показ работ любителей астрономии: самодельных телескопов и приспособлений к ним, *астрографов,* лабораторных приборов, наглядных пособий, журналов наблюдений, снимков астрономических объектов, опубликованных статей, докладов и т. п. Лауреаты смотров (вне зависимости от места проведения слета) награждаются медалями ВДНХ.

Участники второго слета побывали в гостях у советских космонавтов в Звездном городке.

А через несколько лет на третий слет юные астрономы страны собрались в своем «Звездном городке». Так назвали палаточный городок в Шемахинской обсерватории, сотрудники которой вновь радушно принимали своих юных коллег из всех союзных республик. И вновь на 10 дней удивительно молодым стал преобладающий состав наблюдателей Шемахинской обсерватории. Ведь население «Звездного» более 200 мальчишек и девчонок. В гости к ребятам приехали летчик-космонавт СССР дважды Герой Советского Союза Н. Н. Рукавишников, астрономы из Москвы, Ленинграда и Горького.

Программа слета обширна и разнообразна: смотр творческих работ и научно-теоретическая конференция, лекции крупнейших ученых и диспут о *внеземных цивилизациях,* астрономическая олимпиада и вечера вопросов и ответов, вечер дружбы.

И все-таки самым интересным для ребят оставались ночные астрономические наблюдения. На слете работали секции наблюдателей *Солнца, Луны* и *планет,* метеоров, комет и переменных звезд. Наиболее результативно прошли метеорные наблюдения. А Казимиру Чернису из Вильнюса и Дмитрию Фомину из Москвы в одну из ночей посчастливилось переоткрыть новую комету.

Четвертый слет юных астрономов прошел осенью 1979 г. В этот раз на целый месяц собрались на берегу Черного моря 540 юных астрономов и космонавтов. Они разместились в дружине «Звездная» Всероссийского пионерского лагеря ЦК ВЛКСМ «Орленок». Для проведения слета в «Орленке» есть все условия. Здесь функционирует Дом авиации и космонавтики с действующей парашютной вышкой и тренажерами, астрономическая обсерватория с оптическим телескопом в башне и радиотелескопом, с лабораториями и площадкой для наблюдений.

Все делегаты слета стали участниками игры «Звездный десант». Каждый «космический экипаж» выбрал цель полета, составил программу, разработал проект необходимых космических комплексов и изготовил их макеты. Руководил «Звездным десантом» летчик-космонавт Н. Н. Рукавишников. Результаты «Звездного десанта» ребята использовали в своих научно-фантастических проектах, которые они успешно защитили перед учеными, гостями слета.

На этом слете состоялись конкурсы астрономов-наблюдателей, юных лекторов, космический карнавал, «межпланетные» олимпийские игры, театрализованное представление «У моря Мечты».

Хозяином пятого слета (лето 1982 г.) стал коллектив Симферопольского общества юных любителей астрономии (СОЛА). Во время работы слета была развернута выставка творческих работ учащихся, прошли заседания секций, состоялись встречи с учеными, летчиком-космонавтом СССР дважды Героем Советского Союза Г. М. Гречко. Каждый вечер ребята могли вести наблюдения на инструментах юношеской обсерватории СОЛА. Участники слета посетили Крымскую астрофизическую обсерваторию, Центр дальней космической связи, побывали в Артеке, в городе-герое Севастополе.

Всесоюзные слеты не только школа юных астрономов, но и незабываемый праздник дружбы и товарищества.

Бюро юношеской секции ВАГО определило несколько основных центров для оказания практической помощи юным любителям астрономии. Эти центры поддерживают переписку с коллективами юных астрономов, высылают им инструктивно-методические материалы, проводят очные и заочные консультации. Бюро юношеской секции и его центры организуют патрульную *службу неба* юных астрономов. Цель службы — обнаружение новых

В летнее время кружковцы с увлечением работают в лагерях юных астрономов и экспедициях.



звезд и комет, наблюдения болидов и метеорных потоков.

Юношеская секция ВАГО поддерживает связи с любителями астрономии социалистических стран, которые накопили значительный опыт научно-любительской и массовой работы. В особенности эффективна и разветвлена сеть детских и юношеских астрономических коллективов в Чехословацкой Социалистической Республике и Венгерской Народной Республике. Происходит обмен делегациями юных астрономов социалистических стран. В будущем предполагается провести интернациональный слет юных любителей астрономии.

Юношеские секции работают практически во всех местных отделениях ВАГО. Работой секции руководит ее бюро.

Зачастую ядром юношеских секций становятся астрономические кружки. Наиболее серьезные старшие кружковцы, проявившие устойчивый интерес к занятиям астрономией, получают рекомендации для вступления в члены юношеской секции ВАГО. В юношеской секции получают возможность работать и отдельные любители астрономии, по тем или иным причинам не занимающиеся в кружках.

Юношеские секции отделений ВАГО проводят свои собрания, на которых принимается план работы, обсуждаются итоги сделанного, заслушиваются научные доклады. Члены юношеской секции дежурят у телескопов во время массовых демонстрационных наблюдений, становятся помощниками руководителей астрономических кружков, руководят кружками в школах, во дворах, пионерских лагерях.

Бюро юношеской секции координирует дея-

Во многих кружках юные астрономы ведут наблюдения Солнца.



тельность всех детских астрономических коллективов в пределах территории отделения ВАГО.

Отдельные любители астрономии или группы их могут при желании вступить в юношескую секцию ВАГО, примкнув к ближайшему отделению общества. Они должны обратиться с письмом в Бюро юношеской секции ВАГО или в один из местных центров.

Юные друзья и любители астрономии! Не беда, если там, где вы живете, пока не работает астрономический кружок и поблизости нет планетария или обсерватории. Ведь главное, что надо для систематических занятий астрономией, доступно всем. Начинать астрономические наблюдения следует невооруженным глазом, а со временем можно изготовить телескоп самостоятельно. Советы о содержании своей работы можно почерпнуть из книг и журналов. Кроме того, поможет переписка с ближайшим астрономическим кружком. Отвечают на письма юных астрономов и сотрудники профессиональных обсерваторий. Советуем обращаться к специалистам лишь после того, как вы самостоятельно овладели «азбукой» звездного неба.

О новостях астрономии и космических исследований можно узнать из самых разных источников.

Специально для юных любителей астрономии с 1977 г. стал выходить телевизионный журнал «Звездочет», а с 1978 г. радиожурнал «На космических орбитах». На страницах этих журналов выступают крупнейшие советские ученые и космонавты.

Тележурнал «Звездочет» ведет репортажи из обсерваторий и исследовательских институтов, показывает работу юных любителей астрономии. Зрители «Звездочета» получают возможность проверить свои знания и навыки наблюдателя. В выпусках журнала объявляются конкурсы или викторины. Лучшие снимки и зарисовки астрономических объектов, выполненные любителями, демонстрируются по телевидению. Победители олимпиад и конкурсов «Звездочета» получают приглашение на слеты юных астрономов.

Астрономическую информацию, рассказы о любителях астрономии помещают на своих страницах журналы «Юный техник», «Квант», «Пионер». Редакции этих журналов проводят конкурсы по космической тематике. Так, читатели «Пионера» могли принять участие в конкурсах «Обживаем космический дом» (о проекте долговременной орбитальной станции), «Экспедиция на Марс» (обоснованный выбор места посадки на планете, прокладка разведывательных маршрутов, выбор главной научной проблемы экспедиции).

Подобные конкурсы научно-фантастических проектов, конкурсы наблюдателей, астрономические олимпиады и викторины юные астрономы могут организовать в своих классах, школах, в пионерских лагерях, кружках.

Очные состязания по проблемам астрономии и космонавтики проводятся во многих городах нашей страны. Они организуются с помощью актива местной юношеской секции или городского астрономического кружка. В ряде случаев заключительному туру олимпиады предшествуют школьные и районные состязания. С некоторыми олимпиадными задачами и их решением можно познакомиться в журналах «Земля и Вселенная», «Квант». Задания для олимпиады можно выбрать из сборника задач по астрономии для X класса Б. А. Воронцова-Вельяминова. В некоторых астрономических коллективах перед школьной и городской олимпиадами объявляют конкурс на составление лучшей задачи или вопроса.

Большую поддержку юным астрономам оказывают ученые. Помощь юным любителям астрономии со стороны астрономов-профессионалов — давняя и прекрасная традиция в нашей стране. Внимание работе с юными астрономами уделяют практически все астрономические учреждения нашей страны. Ученые и сотрудники обсерваторий и институтов ведут занятия со школьниками, выступают перед ними с лекциями, знакомят с работой своих обсерваторий и лабораторий. В летнее время наиболее серьезные любители астрономии по рекомендации руководителей кружков про-

ФОТОГРАФИРОВАНИЕ СОЛНЦА



Солнце — самый яркий небесный объект, и его фотографирование, как и другие наблюдения, требует крайней осторожности и строгого соблюдения правил безопасности. Нужно всегда помнить, что смотреть на Солнце без темного фильтра ни в коем случае нельзя. Нарушение правил безопасности может привести к потере зрения, слепоте.

Основная трудность, которую нужно преодолеть при фотографировании Солнца, — это ослабление яркого солнечного света с тем, чтобы получить на негативе нормальное по плотности изображение Солнца. При фотографировании Солнца в прямом фокусе, без увеличительных систем, следует взять пленку самой низкой чувствительности (например, позитивную или «Микрат»), установить перед объективом красный светофильтр хорошего оптического качества и до предела задиафрагмировать объектив. Красный светофильтр можно поставить в переходном патрубке вместе с желтым светофильтром, назначение которого — повысить резкость изображения Солнца на негативе. Экспозиция при этом составит не более 1/100 с.

Запомните, что, пользуясь видоискателем фотокамеры, перед ним также нужно установить ослабляющий светофильтр.

Ослабить световой поток от Солнца можно также и с помощью установленных в переходном патрубке двух поляризационных светофильтров (их можно приобрести в магазине фототоваров). Поворачивая один светофильтр относительно другого, добейтесь максимального ослабления света и зафиксируйте в этом положении оба фильтра.

Фотографирование Солнца в главном фокусе позволит вам выяснить картину распределения солнечных пятен на его диске, увидеть потемнение диска от центра к краям. Систематически фотографируя Солнце, вы можете изучить закон солнечной активности, определить период вращения Солнца.

Изображение Солнца может проецироваться на экран с помощью окуляра телескопа; изображение получается увеличенным, причем тем большим, чем дальше от окуляра находится экран. На этом принципе изготавливается камера для фотографирования Солнца с большим увеличением. Камера представляет собой светонепроницаемый ящик с кассетой для фотопленок или фотопластинок форматом 9×12, 13×18 см или трубу, если в качестве кассетной части применяется фотоаппарат (без объектива). Ящик и труба должны быть оклеены внутри черной матовой или бархатной бумагой.

Приближенно увеличение такой камеры можно вычислить, разделив расстояние (l) от окуляра до фотопленки на фокусное расстояние (f) окуляра. Например, при $l=400$ мм и $f=20$ мм увеличение составит 20. Диаметр изображения Солнца в фокальной плоскости школьного рефрактора равен примерно 7,2 мм. Следовательно, диаметр увеличенного вашей камерой изображения Солнца составит около 14,5 см. Естественно, что такое большое изображение Солнца целиком на фотопленке не поместится и вам придется фотографировать его по частям.

С увеличением размеров изображения Солнца яркость его падает, так что необходимость в ее ослаблении частично отпадает. Иногда приходится переходить к фотопленке средней чувствительности (32 ед. ГОСТа) с тем, чтобы экспозиции составляли не более десятых долей секунды.



В клубе космонавтов Московского городского Дворца пионеров и школьников ребята не только изучают основы астрономии, космонавтики, аэродинамики, но и «летают» на настоящих тренажерах.

ходят стажировку на обсерваториях. На стажировку в южные обсерватории приезжают кружковцы издалека, например из Сибири.

Уделять внимание юным любителям астрономии находят возможным руководители советских обсерваторий, известные ученые. «Ребят влечет мир познания, — сказал академик В. А. Амбарцумян. — Мы же, взрослые и ответственные люди, должны сделать все, чтобы этот огонь не угас с возрастом, а развился в устойчивое пламя. Это будет на пользу и самим ребятам и всему обществу».

Расскажем о некоторых коллективах юных астрономов нашей страны.

Отдел астрономии и космонавтики Московского городского Дворца пионеров и школьников. В живописном районе столицы на Ленинских горах расположились светлые корпуса Дворца пионеров и школьников. Здесь в отделе астрономии и космонавтики в 50 кружках и секциях занимаются около 700 школьников столицы.

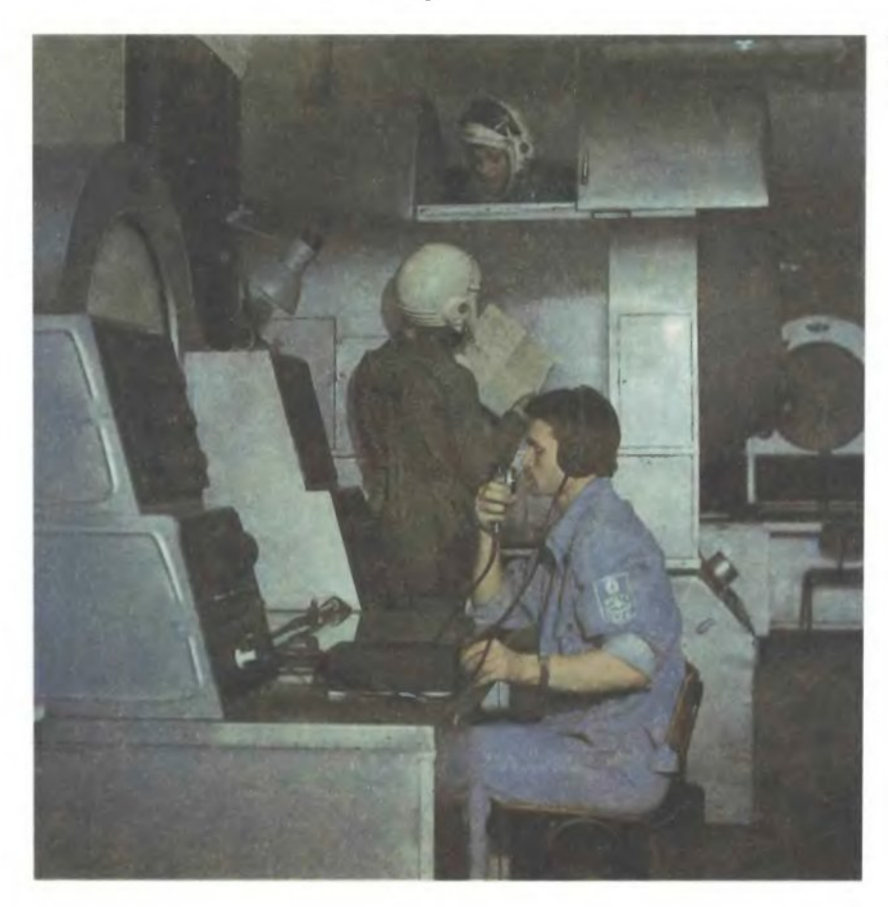
Как строятся занятия в отделе? Самые маленькие ребята (III—V классы) могут записаться в подготовительные кружки занимательной астрономии. Они участвуют в викторинах, тематических играх, воображаемых космических путешествиях под куполом планетария, в конкурсах научно-фантастических проектов. В кружке занимательной астрономии ребята изготовляют простейшие приборы: подвижные карты звездного неба, *солнечные часы,* угломерные инструменты. Они изучают созвездия и приобретают навыки ориентирования по звездам, Луне, Солнцу.

Школьники VI—VIII классов занимаются по специальной двухгодичной программе в кружках общей астрономии. Ребята овладевают теорией, ведут учебные наблюдения, выполняют практические работы в лабораториях отдела, мастерят свой первый телескоп, с помощью которого ведут самостоятельные наблюдения. О своих наблюдениях, о прочитанных книгах и статьях школьники делают доклады на занятиях кружка.

Старшеклассники ведут работу в одной из специализированных групп. Это кружки телескопостроения, физики космоса, радиофизики, космологии, астрономов-наблюдателей и др. Здесь главное внимание уделяется самостоятельной работе. Занятия со старшеклассниками проводят научные сотрудники институтов и обсерваторий. Несколько кружков работают ежегодно по заданиям ученых.

Расскажем об одной из самых крупных и интересных научно-исследовательских программ. Это программа «Геос» по изучению солнечно-земных связей. Она осуществляется с 1977 г., рассчитана на много лет и выполняется в несколько этапов. В ее выполнении принимают участие многие кружки Дворца пионеров.

Астрономы-наблюдатели ведут визуальное



Учебными полетами на тренажерах руководит один из выпускников клуба космонавтики.

патрулирование пятнообразований на Солнце, зарисовывают и фотографируют пятна и факелы, определяют их координаты и занимаемую площадь, строят карты и определяют числа Вольфа. В подмосковном г. Железнодорожном ведутся спектральные исследования Солнца. В лаборатории физики космоса Дворца с помощью самодельного телескопа школьники регистрируют вариации вторичных космических лучей, интенсивность которых зависит от *солнечной активности,* а в астрономическом кабинете ведется обработка данных, полученных со спутника «Прогноз» о солнечных космических лучах.

Радисты по характеру радиоприема следят за изменением свойств ионосферы. В лаборатории астрофизики участники программы изучают мезосферу по данным наблюдений серебристых облаков. Другие кружковцы регистрируют метеорологические данные, снимают показания, поступающие в лабораторию с метеостанции, установленной на крыше Дворца. Кроме того, анализируются ежедневно присылаемые синоптические карты. Юные физиологи исследуют изменения деятельности организма человека в условиях меняющегося уровня солнечной активности.

Все получаемые результаты ежемесячно обрабатываются, по ним ребята составляют графики и таблицы. С 1979 г. в программу «Геос» включились юные математики и программисты, и обработка данных ведется теперь с помощью электронных вычислительных машин. Научное руководство программой осуществляет совет кураторов. В него входят специалисты научно-исследовательских институтов.

Отдел астрономии и космонавтики организует экспедиции, во время которых кружковцы изучают серебристые облака в Прибалтике, Марийской АССР, в Подмосковье и Ярославской области. Воспитанники Дворца участвовали в астроклиматических экспедициях на Кавказ, Тянь-Шань, Памир, наблюдали метеоры в Крыму и Московской области; выезжали в Казахстан для наблюдений полного солнечного затмения.

Некоторые старшие кружковцы выезжают каждое лето в пионерские лагеря, где проводят занятия кружков юных астрономов и космонавтов.

Для старших кружковцев ученые ежемесячно читают лекции по актуальным проблемам астрофизики. Ребята среднего и младшего возраста принимают участие в устном журнале «Космические чтения», первый выпуск которого состоялся в 1972 г.

Большой популярностью среди кружковцев пользуются клубные дни, а также праздники, посвященные дням весеннего и осеннего равноденствия.

Клубные дни проходят чаще всего в форме диспутов, которые готовят поочередно все лаборатории отдела. Путем опроса намеча-

ется тематика диспутов на учебный год. Вот, например, некоторые из тем: «Природа Тунгусского метеорита», «Квазары — что это?», «Обитаем ли космос?», «Космическое будущее человечества», «Астрономия XXI в.».

Актив лаборатории, проводящей диспут, составляет и распространяет список литературы и перечень проблем, которые предполагается обсудить по данной теме на диспуте. Например, на диспуте о Тунгусском метеорите предлагалось высказать и обосновать свою точку зрения на природу Тунгусского метеорита; предложить программу исследований, которые еще следует провести в районе катастрофы; предложить эксперимент на Земле или в космосе, который бы помог разгадке Тунгусского метеорита. После горячих споров на диспуте у ребят возникает желание глубже изучить рассмотренную тему.

Интересно, с большой выдумкой проходят праздники весеннего и осеннего равноденствия. На первом из них ребята демонстрируют свои работы, а на празднике осеннего равноденствия новичков посвящают в ранг юных астрономов. На праздники приглашаются юные астрономы из других коллективов столицы.

Интересна и разнообразна работа клуба космонавтики Дворца. В клубе свой устав, единая форма одежды. Членские билеты вручаются ребятам на торжественной линейке в День Советской Армии после присяги вступающих. Всей работой клуба космонавтики руководит совет командиров. Почетным председателем клуба был избран летчик-космонавт СССР дважды Герой Советского Союза А. Г. Николаев. Старшеклассники, закончившие двухгодичный курс в группах юных космонавтов, могут выбрать для дальнейших занятий одну из секций: космическое проектирование, космическая техника, космическая биология и медицина, физика космоса. Наибольшей популярностью у ребят пользуются отряд юных летчиков и секция авиационной техники. В распоряжении членов клуба — авиационные и космические тренажеры; ребята могут заниматься с тренером по общей физической подготовке. Окончившие занятия получают свидетельство.

За годы работы отдела астрономии и космонавтики там учились сотни ребят. Многие из них связали свою судьбу с небом. Сейчас некоторые воспитанники Дворца работают в Центре подготовки космонавтов им. Ю. А. Гагарина, стали астрономами-профессионалами.

Коллектив юных астрономов и космонавтов Московского городского Дворца пионеров и школьников оказывает разнообразную помощь юным астрономам и космонавтам Москвы и всего Советского Союза. Коллектив сотрудников Дворца совместно с учеными подготавливает к выпуску сборники программ для

Юные астрономы знакомятся с различными типами метеоритов.



кружковых занятий по астрономии и космонавтике в школах, пионерских лагерях, внешкольных учреждениях. Отдел астрономии и космонавтики выпускает практические рекомендации для юных астрономов: «Как сделать телескоп», «Знакомьтесь — астрограф», «Звездное небо зовет».

Крымское общество юных любителей астрономии. В 1947 г. группа ребят из г. Симферополя организовала кружок любителей астрономии. Членов кружка становилось все больше, и он был преобразован в Симферопольское общество любителей астрономии (СОЛА), а его члены стали называть себя соловцами. Основное внимание члены общества уделяют наблюдению *метеоров.*

Работа ребят привлекла внимание ученых. Они были приглашены на Всесоюзную метеоритную конференцию в Москву. К этому времени СОЛА имело уже некоторый опыт визуальных наблюдений метеорных потоков и ребятам было о чем рассказать.

А вскоре начались фотографические наблюдения метеоров. Были построены два *метеорных патруля* из нескольких фотокамер. Для них на средства, выделенные Всесоюзным астрономо-геодезическим обществом, были построены два павильона: один — в Симферополе, а другой — в селе Перевальное, в 20 км от города. По фотографиям, полученным с двух пунктов, можно было определить высоту метеора, а с помощью обтюратора (своего рода пропеллера, перекрывающего объективы камер) — и скорость метеора в атмосфере.

С тех пор прошло много лет. На смену старым, кустарным патрулям пришли новые, построенные в мастерских Крымской станции

С помощью стилоскопа юные астрофизики методом качественного спектрального анализа изучают химический состав метеорита.



юных техников. В центре Симферополя создана Крымская областная юношеская астрономическая обсерватория. Почти все приборы и телескопы этой обсерватории сделаны руками ребят, но по качеству они не уступают фабричным.

Сейчас юные любители астрономии объединены в Крымское общество юных любителей астрономии (КОЛА). Кроме Симферополя отделения общества возникли в 30 других городах и поселках Крыма. И руководят ими тоже бывшие кружковцы. Раз в год собирается конференция КОЛА, 3 раза в год проводятся специальные метеорные экспедиции. Базисный пункт переведен из Перевального в Судак, где построена небольшая обсерватория. В Крыму получено несколько десятков спектров метеоров, наблюдения ребят публикуются в научных журналах. К ним в гости, чтобы познакомиться с опытом работы крымчан и вместе понаблюдать, приезжают ребята из Москвы, Ярославля, Ленинграда и других городов. Хорошо наблюдать под крымским небом!

Астрономический кружок Бакинского Дворца пионеров и школьников им. Ю. А. Гагарина. В 1986 г. исполнилось 36 лет астрономическому кружку Бакинского Дворца пионеров. Кружок был организован в 1950 г. Начинали с малого: строили телескопы из очковых стекол, изучали общую астрономию. Но трубы с объективами из очковых стекол не удовлетворяли ребят. И они решили строить телескоп-рефлектор системы Ньютона (см. *Рефлекторы*). Попутно осваивали основы астрономической оптики. Телескоп получился хороший. Это ободрило ребят. Начали строить еще несколько приборов: специальный телескоп для наблюдений Солнца с непосеребренным зеркалом, *астрограф* для фотографирования неба.

Вместе с учеными кружковцы проводили экспедиции в горы Азербайджана, чтобы выбрать место для постройки большой астрофизической обсерватории. Несколько мест забраковали: у них был неблагоприятный *астроклимат*. Наконец нашли самое удачное место: плато Пиркули, в 22 км от г. Шемахи. Теперь там возвышаются купола *Шемахинской астрофизической обсерватории* АН Азербайджанской ССР. А рядом, на большой поляне, высятся два купола «Малой Шемахинской обсерватории», построенные членами кружка для своих телескопов.

А телескопы бакинцы строить умеют. Умелые руки ребят построили 50-см телескоп-рефлектор (когда-то такие телескопы считались крупными даже в специальных обсерваториях), 26-см телескоп системы Кассегрена, несколько астрографов. На фотографиях *звездного неба,* полученных с помощью этих приборов, видны *звезды* до 14-й звездной величины, темные и светлые *туманности,* далекие *галактики.*

Многие члены кружка избрали астрономию своей специальностью. На смену им в кружок приходят все новые и новые ребята. Изучают астрономию, оптику, теорию астроклимата. Они — частые гости Шемахинской астрофизической обсерватории. Сюда же приезжают бывшие ученики, чтобы рассказать сегодняшним кружковцам, как они начинали свою работу в кружке, чем занимаются сейчас.

На базе Дворца пионеров и при содействии ученых Шемахинской обсерватории проведены два Всесоюзных слета юных астрономов (1969, 1976), два коллоквиума по любительскому телескопостроению. С опытом работы бакинцев познакомились многие юные любители астрономии нашей страны. Редкое лето обходится без гостей: приезжают ребята из Новосибирска, Крыма, Ярославля и других городов. Бакинцы рады поделиться своим опытом с другими коллективами, перенять у них то, что может пригодиться в работе.

Клуб юных техников Сибирского отделения АН СССР. Новосибирск, Академгородок. Один из крупнейших центров советской науки. Здесь при клубе юных техников Сибирского отделения академии наук СССР создан кружок юных любителей астрономии.

Астрономический коллектив клуба юных техников Новосибирска возник около 20 лет назад.

Коллектив имеет свою астрономическую обсерваторию с двумя куполами башен. Телескопы — фабричные, но к ним ребята сделали немало полезных приспособлений: электрофотометры нескольких конструкций, фотокамеры, солнечный экран. Систематически ведутся наблюдения *переменных звезд,* периоди-

чески меняющих свой блеск. Наблюдения не остаются в журналах, они обрабатываются, а результаты публикуются в регулярно выпускаемых бюллетенях «Юные астрономы» и в других изданиях. Ребята наблюдают *кометы*, солнечные и лунные затмения, *планеты, серебристые облака, Солнце*. А чтобы удобнее было делиться своим опытом с другими кружковцами, в тех же бюллетенях печатают описания своих приборов и новых методов наблюдений. Юные телескопостроители построили немало хороших телескопов.

Коллектив взял на себя роль методического центра для всех астрономических кружков Сибири и Дальнего Востока. О работе юных астрономов Новосибирска не раз сообщал журнал «Земля и Вселенная» и другие журналы. О них писали в газетах.

Астрономический кружок школы № 5 г. Углича Ярославской области. Это один из лучших школьных астрономических кружков в нашей стране. Кружок является общесоюзным методическим центром юных астрономов по наблюдению Солнца.

Своими руками оборудовали ребята на школьном дворе астрономическую площадку с металлическими тумбами для переносных инструментов, обсерваторию с подсобными помещениями. Кружковцы сами изготовляют приборы, необходимые для занятий. Они сделали три астрографа, два фотогелиографа, солнечную фотокамеру, несколько телескопов, теодолит, прибор для исследования астрономических негативов, демонстрационную подвижную карту звездного неба, телевизор для сверхдальнего приема, радиоприемник. Для физического кабинета ребята изготовили кодоскоп, оптическую скамью, установку для программированного опроса, диапозитивы.

Работа кружка многопланова. Вот уже много лет успешно работает секция Солнца. Кружковцы на обсерватории ведут визуальные наблюдения Солнца, получают снимки Солнца. Для получения снимков отдельных групп пятен ребята используют самодельный рефрактор, перемонтированный на вилочную установку с фотокамерой «Зенит». Параллельно с наблюдениями Солнца ведутся геофизические исследования, чтобы выявить их зависимость от солнечной активности. Кружковцы фиксируют грозы, полярные сияния, изучают состояние ионосферы.

Значительных успехов добилась секция астрофотографов. Уже получены сотни фотографий различных участков звездного неба, а также снимки Луны, планет, комет, метеоров, серебристых облаков. И сделаны они с помощью самодельного астрографа с автоматическим ведением камер. На снимках, полученных с помощью этого прибора, видны звезды 13-й звездной величины.

Полученные негативы юные астрономы исследуют с помощью измерительного прибора, изготовленного в кружке. Снимки нужны ребятам для изучения переменных звезд и для изготовления учебного атласа звездного неба.

Исследовательскую и конструкторскую работу ребята сочетают с чтением лекций и беседами. Члены астрономического кружка из Углича — непременные участники всех Всесоюзных слетов юных астрономов и смотров творческих работ. Приборы, изготовленные в кружке, неоднократно экспонировались на ВДНХ СССР. 12 воспитанников награждены медалями «Юный участник ВДНХ».

Астрономический кружок школы № 2 г. Новополоцка Витебской области. Несколько лет подряд победителями конкурсов юных любителей астрономии Витебской области становятся воспитанники астрономического кружка этой школы. Победы эти не случайны. Кружок имеет прекрасную базу для занятий астрономией: хорошо оборудованный кабинет, *планетарий* и обсерваторию. Многое здесь сделано руками самих ребят: оборудование планетария, на обсерватории установлен самодельный телескоп-рефлектор системы Ньютона с диаметром зеркала 120 мм.

Кружок новополоцкой школы № 2 — коллектив комплексный. Его воспитанники ведут учебную и исследовательскую работу, изготовляют приборы и наглядные пособия, выступают с лекциями по астрономии и космонавтике. Сотни лекций прочли в своем планетарии кружковцы и их учителя. Посетителями планетария были не только жители Новополоцка, но и гости из других городов и республик. О своих достижениях ребята рассказывали членам иностранных делегаций, приезжавшим в школу.

Разнообразна тематика лекций в школьном планетарии. Здесь можно познакомиться с мифами о созвездиях, услышать рассказ о строении Солнечной системы и ее происхождении, узнать о последних достижениях в исследовании космоса и о возможности жизни на других планетах.

Значительных успехов добились ребята и в астрономических наблюдениях. Так, летом 1975 г. один из воспитанников кружка переоткрыл в созвездии Лебедя комету Кобаяси — Бергера — Милона и он же заметил в этом созвездии новую звезду. Он был 11-м наблюдателем, сообщившим об открытии звезды в Астрономический институт им. П. К. Штернберга.

За годы работы ребята сфотографировали несколько солнечных и лунных затмений, наблюдали появление серебристых облаков, некоторые известные кометы.

В кружке юных астрономов работают секции службы неба, службы Солнца, патрулиро-

вания серебристых облаков. Кроме того, на обсерватории ведутся наблюдения Луны и планет.

Достижения коллектива юных астрономов новополоцкой школы № 2 отмечались на Всесоюзном слете юных астрономов и на Всесоюзной неделе науки, техники и производства. Свой опыт и знания кружковцы передают другим коллективам юных астрономов Белорусской ССР.

ЮПИТЕР

Юпитер — пятая по расстоянию от *Солнца* и самая большая планета *Солнечной системы* — отстоит от Солнца в 5,2 раза дальше, чем *Земля,* и затрачивает на один оборот по орбите почти 12 лет. Экваториальный диаметр Юпитера — 142 600 км (в 11 раз больше диаметра Земли). Период вращения Юпитера — самый короткий из всех планет — 9 ч 50 мин 30 с на экваторе и 9 ч 55 мин 40 с в средних широтах. Таким образом, Юпитер, подобно Солнцу, вращается не как твердое тело — скорость вращения не одинакова на разных широтах. Из-за быстрого вращения эта планета имеет сильное сжатие у полюсов. Масса Юпитера равна 318 массам Земли. Средняя плотность — 1,33 г/см^3, что близко к плотности Солнца. Ось вращения Юпитера почти перпендикулярна к плоскости его орбиты (наклон 87°).

Даже в небольшой телескоп хорошо видно полярное сжатие Юпитера и полосы на его поверхности, параллельные экватору планеты. Видимая поверхность Юпитера представляет собой верхний уровень облаков, окружающих планету. Благодаря этому Юпитер имеет сравнительно высокое *альбедо* (0,45), а детали на его поверхности постоянно меняют свой вид. Из устойчивых деталей известно Большое Красное пятно, наблюдающееся уже более 300 лет. Это — громадное овальное образование размерами 35 000 км по долготе и 14 000 км по широте между Южной тропической и Южной умеренной полосами. Цвет его красноватый, но подвержен изменениям. Можно предположить, что Красное пятно — это антициклон с длительным временем жизни.

Спектральные исследования Юпитера показали, что его атмосфера состоит из молекулярного водорода и его соединений: метана и аммиака. В небольших количествах присутствуют также этан, ацетилен, фосфен и водяной пар.

Облака Юпитера представляют собой трехслойную систему, состоящую из кристалликов и капелек аммиака, гидросульфидов аммония и водяного льда. В декабре 1973 г. с помощью американского космического аппарата «Пионер-10» удалось уточнить содержание гелия в атмосфере Юпитера. Можно считать установленным, что атмосфера Юпитера на 74% состоит из водорода и на 26% из гелия.

На долю метана приходится не более 0,2%, на долю аммиака — не более 0,1% состава атмосферы планеты (по массе). Учитывая низкую среднюю плотность планеты, можно считать, что эти два газа (водород и гелий) составляют почти всю массу самой планеты.

Ниже чисто газового слоя в атмосфере Юпи-


Вид планеты Юпитер в телескоп.



Большое Красное пятно на Юпитере. Снимок межпланетной станции «Пионер-11».



тера лежит слой облаков, которые мы и видим в телескоп. Слой жидкого молекулярного водорода имеет толщину 24 000 км. На этой глубине давление достигает 300 ГПа, а температура 11 000 К, здесь водород переходит в жидкое металлическое состояние. Слой жидкого металлического водорода имеет толщину 42 000 км. Внутри него располагается небольшое железосиликатное твердое ядро радиусом 4000 км и массой, достигающей 10—20 масс Земли. На границе ядра температура достигает 30 000 К.

В 1956 г. было обнаружено радиоизлучение Юпитера на волне 3 см, соответствующее тепловому излучению с температурой 145 К. По измерениям в инфракрасном диапазоне температура самых наружных слоев облаков Юпитера 130 К. Полеты американских космических аппаратов «Пионер-10» и «Пионер-11» позволили уточнить строение магнитосферы Юпитера, а измерение температуры облачного слоя в основном подтвердило известный из наземных наблюдений результат: количество тепла, которое Юпитер испускает, более чем вдвое превышает тепловую энергию, которую планета получает от Солнца. Возможно, что идущее из недр планеты тепло выделяется в процессе медленного сжатия гигантской планеты (1 мм в год!). Напряженность магнитного поля у поверхности в полярных областях планеты 10—15 эрстэд, т. е. в 20 раз больше, чем на Земле.

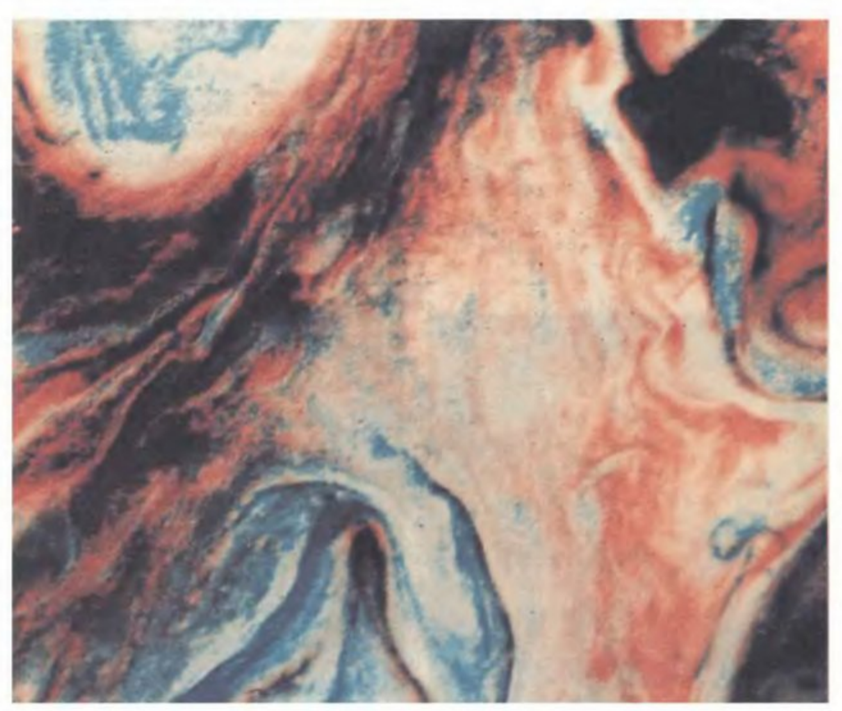
Кроме теплового и дециметрового радиоизлучения Юпитер является источником радиовсплесков (резких усилений мощности излучения) на волнах длиной от 4 до 85 м, продолжительностью от долей секунды до минут и даже часов. Однако длительные возмущения — это не отдельные всплески, а серия всплесков — своеобразные шумовые бури или грозы. Согласно современным гипотезам, эти всплески объясняются плазменными колебаниями в ионосфере планеты.

Юпитер имеет 16 спутников. Первые 4 спутника были открыты еще *Г. Галилеем* (Ио, Европа, Ганимед, Каллисто). Они, а также внутренние спутники Амальтея и открытые в 1979—1980 гг. маленькие спутники Метис и Адрастея движутся почти в плоскости экватора планеты. Внешние спутники обращаются вокруг планеты по сильно вытянутым орбитам с большими углами наклона к экватору (до 30°). Это маленькие тела — от 10 до 120 км, по-видимому, неправильной формы. Самые внешние 4 спутника Юпитера обращаются вокруг планеты в обратном направлении (см. *Спутники планет*).

По данным, полученным с американских космических аппаратов «Вояджер», в экваториальной области Юпитера имеется кольцо. Кольцо расположено в 50 000 км от поверхности планеты, его ширина не менее 6000 км.

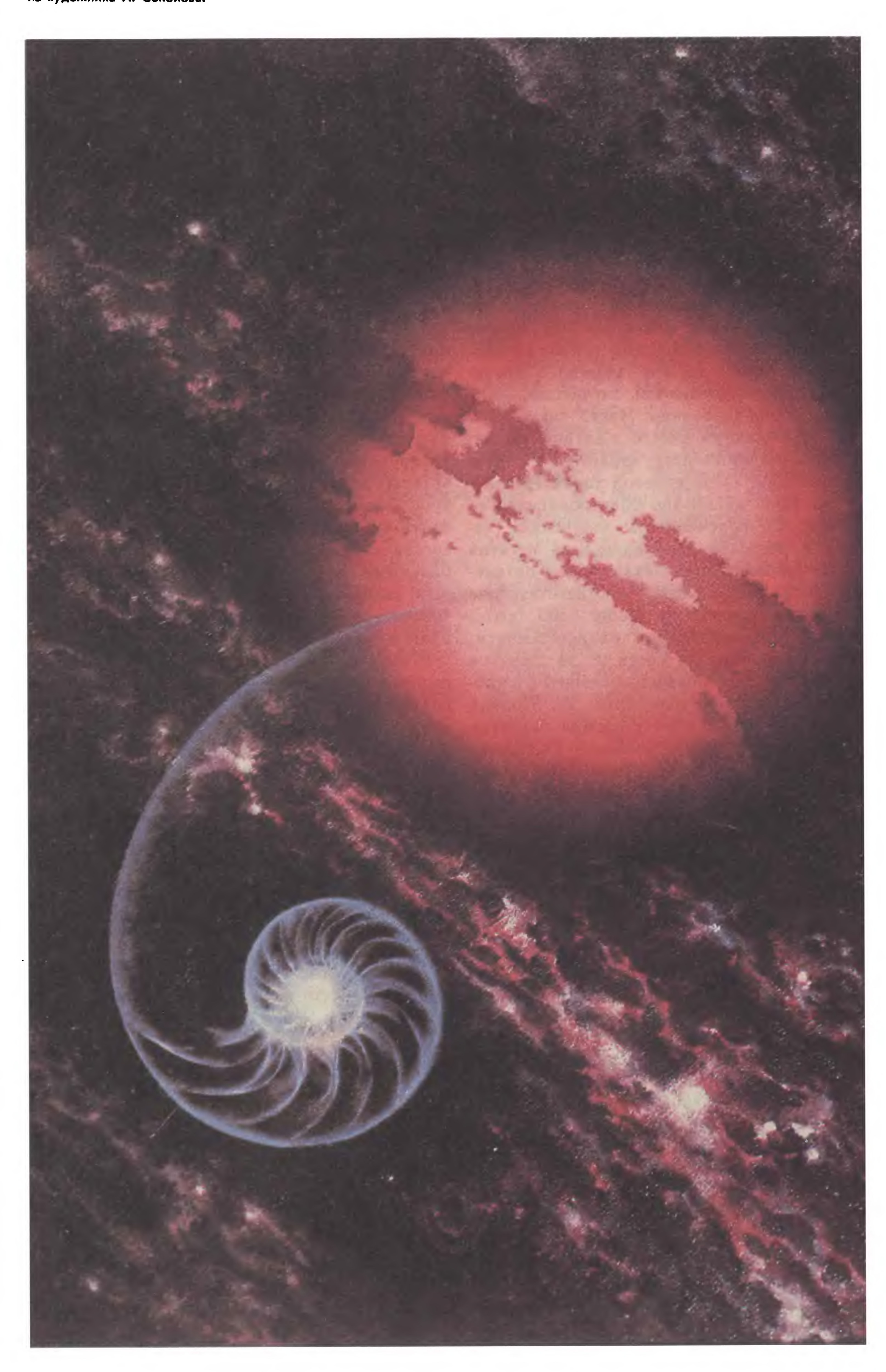
ЯДРА ГАЛАКТИК

В центрах многих галактик имеются массивные (с массами, в $10^7 \div 10^9$ раз превышающими массу Солнца), компактные (поперечником порядка тысячи астрономических единиц), быстровращающиеся (периоды вращения — порядка года) образования, связанные сила-



Участок поверхности Юпитера. Снимок сделан американской межпланетной станцией «Вояджер».

В глубинах Вселенной. Картина художника А. Соколова.



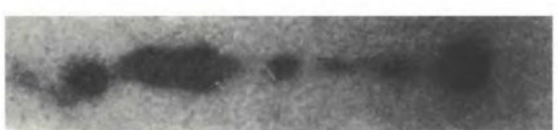


Рис. 1. Оптический выброс из ядра гигантской эллиптической галактики M 87 (радиогалактика Дева А).

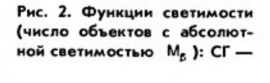
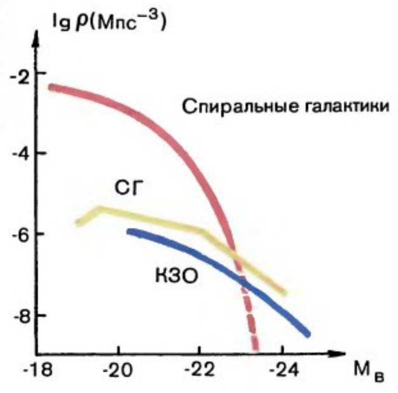


Рис. 2. Функции светимости (число объектов с абсолютной светимостью M_B): СГ — для сейфертовских галактик; КЗО — для квазаров.



ми гравитации. Даже в ближайших галактиках ядра увидеть невозможно: самые сильные телескопы позволяют зарегистрировать в них лишь центральные области, в 1000 раз большие. Эти области, названные кернами, имеют почти звездообразный вид.

Еще в 100 раз более протяженные (поперечником в несколько килопарсек) звездные области, расположенные в центральных частях галактик, называют балджами (от английского bulge — «выпуклость»). Иногда в пределах балджей наблюдаются гигантские комплексы звездообразования. Часто такие комплексы наблюдаются вместе с активными ядрами. Для активных ядер характерны следующие признаки: 1) нетепловой характер излучения во всем диапазоне электромагнитного излучения; 2) переменность излучения (изменения в несколько раз иногда за десятки дней); 3) широкие линии излучения в оптическом диапазоне спектра, соответствующие доплеровским скоростям более 500 км/с; 4) компактные переменные радиоисточники; 5) узкие и длинные (от сотен пс до десятков кпс) выбросы с нетепловым излучением в широком диапазоне длин волн (рис. 1). Полная светимость активных ядер у разных галактик составляет от 10^{39} эрг/с в нашей Галактике до 10^{47} эрг/с в квазарах. По-видимому, чем активнее ядро и чем выше у него темп энерговыделения, тем меньше времени оно может находиться в этом состоянии: квазары «живут» до 10^7 лет, а малоактивные ядра — больше 10^9 лет. Чем галактика массивнее и чем более сконцентрированы звезды к центру, тем с большей вероятностью может быть активное ядро. Кроме того, для заметной активности система должна обладать достаточным количеством газа. При этом газ не обязательно должен был с самого начала принадлежать галактике, он может поступать в нее и извне. Это характерно в первую очередь для галактик, расположенных в центральных областях богатых скоплений или вблизи от богатых газом других галактик.

Самые активные ядра наблюдаются у *квазаров.* В центральных областях радиогалактик газа меньше, их ядра менее активны и встречаются чаще. Еще менее активные ядра встречаются примерно у 1% гигантских спиральных галактик (рис. 2). Впервые этот тип галактик обнаружил в 1943 г. К. Сейферт; их называют сейфертовскими галактиками. Такие галактики имеют яркие звездообразные ядра, являющиеся источниками переменного нетеплового излучения, и сильные широкие линии излучения в спектрах. Часто в центральных областях сейфертовских галактик наблюдаются протяженные (размером в сотни пс) двухрукавные радиоисточники, конфигурация которых отражает, по всей вероятности, структуру магнитных полей. По-видимому, эти галактики обладают более мощной сферической составляющей по сравнению с обычными спиральными галактиками. Это вместе с достаточным количеством газа может обеспечить активность ядра на уровне 10^{42}—10^{43} эрг/с на протяжении сотен миллионов лет.

Вспышки звездообразования встречаются почти у половины массивных спиральных галактик и могут наблюдаться или по избыточному ультрафиолетовому (за счет горячих звезд), или инфракрасному (за счет нагретой пыли) излучению. Это характерно и для нашей Галактики. И хотя в оптическом диапазоне ее ядро закрыто от нас мощными облаками пыли и не видно, в радиодиапазоне, в инфракрасном и в рентгеновском диапазонах наблюдаются некоторые проявления активности на уровне $10^{35} \div 10^{37}$ эрг/с. Само ядро Галактики отождествляется с компактным радиоисточником Стрелец А.

Общепринятой гипотезы относительно природы активности ядер галактик пока не существует.

ЧТО ЧИТАТЬ

Книги общего содержания

Азимов А. Вселенная. От плоской Земли до квазаров / Пер. с англ. — М.: Мир, 1969. — 352 с.

Альвен Г. Миры и антимиры. Космология и антиматерия / Пер. с швед. — М.: Мир, 1968. — 120 с.

Амнуэль П. Р. Небо в рентгеновских лучах. — М.: Наука, 1984. — 224 с.

Белов К. П., Бочкарев Н. Г. Магнетизм на Земле и в космосе. — М.: Наука, 1983. — 192 с.

Бова Б. Новая астрономия / Пер. с англ. — М.: Мир, 1976. — 230 с.

Бочкарев Н. Г. Магнитные поля в космосе. — М.: Наука, 1985. — 206 с.

Бронштэн В. А. Беседы о космосе и гипотезах. — М.: Наука, 1968. — 240 с.

Вайнберг С. Первые три минуты. Современный взгляд на происхождение Вселенной / Пер. с англ. — М.: Энергоиздат, 1981. — 208 с.

Воронцов-Вельяминов Б. А. Очерки о Вселенной. — 8-е изд., перераб. — М.: Наука, 1980. — 672 с.

Гиндилис Л. М. Космические цивилизации: (Проблемы контакта с внеземным разумом). — М.: Знание, 1973. — 64 с.

Гинзбург В. Л. Астрофизика космических лучей. — М.: Знание, 1969. — 48 с.

Гинзбург В. Л. О физике и астрофизике. Какие проблемы представляются сейчас особенно интересными. — 3-е изд., перераб. — М.: Наука, 1980. — 199 с.

Голдсмидт О., Оуэн Т. Поиски жизни во Вселенной / Пер. с англ. — М.: Мир, 1983. — 488 с.

Горбацкий В. Г. Космические взрывы. — 3-е изд., доп. и перераб. — М.: Наука, 1979. — 204 с.

Грушинский Н. П., Грушинский А. Н. В мире сил тяготения. — 2-е изд. — М.: Недра, 1978. — 176 с.

Гуревич Л. Э., Чернин А. Д. Происхождение галактик и звезд. — М.: Наука, 1983. — 192 с.

Гурштейн А. А. Извечные тайны неба. — 2-е изд., доп. и перераб. — М.: Просвещение, 1984. — 272 с., 8 л. ил.

Дагаев М. М. Книга для чтения по астрономии: Пособие для учащихся. — М.: Просвещение, 1980. — 160 с.

Девис П. Случайная Вселенная / Пер. с англ. — М.: Мир, 1985. — 160 с.

Доул С. Планеты для людей / Пер. с англ. — М.: Наука, 1974. — 199 с.

Завельский Ф. С. Время и его измерение. От биллионных долей секунды до миллиардов лет. — 4-е изд., перераб. — М.: Наука, 1977. — 288 с.

Зигель Ф. Ю. Вещество во Вселенной. — М.: Химия, 1982. — 224 с.

Казютинский В. В. Вселенная, астрономия, философия. — М.: Знание, 1972. — 64 с.

Карпенко Ю. А. Названия звездного неба. — М.: Наука, 1981. — 184 с.

Климишин И. А. Астрономия наших дней. — 2-е изд., доп. и перераб. — М.: Наука, 1980. — 456 с.

Климишин И. А. Релятивистская астрономия / Пер. с укр. — М.: Наука, 1983. — 208 с.

Комаров В. Н. Новая занимательная астрономия. — 2-е изд., перераб. — М.: Наука, 1983. — 208 с.

Комаров В. Н., Пановкин Б. Н. Занимательная астрофизика. — М.: Наука, 1984. — 192 с.

Корлисс У. Р. Загадки Вселенной / Пер. с англ. — М.: Мир, 1970. — 247 с.

Куликов К. А. Астрономия и народное хозяйство. — М.: Наука, 1981. — 164 с.

Левитан Е. П. Астрофизика — школьникам: Пособие для учащихся. — М.: Просвещение, 1977. — 112 с., 16 л. ил.

Левитан Е. П. Физика Вселенной. — М.: Наука, 1976. — 200 с.

Левит И. М. За пределами известного мира: От белых карликов до квазаров / Пер. с англ. — М.: Мир, 1978. — 176 с.

Лилли С. Теория относительности для всех / Пер. с англ. — М.: Мир, 1984. — 503 с.

Марочник Л. С., Насельский П. Д. Вселенная: вчера, сегодня, завтра. — М.: Знание, 1983. — 64 с.

Милюков В. К., Сагитов М. У. Гравитационная постоянная в астрономии. — М.: Знание, 1985. — 64 с.

Нарликар Дж. Гравитация без формул / Пер. с англ. — М.: Мир, 1985. — 144 с.

Николсон П. Тяготение, черные дыры и Вселенная / Пер. с англ. — М.: Мир, 1983. — 240 с.

Новиков И. Д. Черные дыры и Вселенная. — М.: Мол. гвардия, 1985. — 190 с.

Новиков И. Д. Эволюция Вселенной. — 2-е изд., перераб. — М.: Наука, 1983. — 190 с.

Пановкин Б. Н. Проблема внеземных цивилизаций. — М.: Знание, 1979. — 64 с.

Пекер Ж. К. Экспериментальная астрономия / Пер. с фр. — М.: Мир, 1973. — 164 с.

Пономарев Д. Н. Астрономические обсерватории. — М.: Знание, 1983. — 64 с.

Силк Д. Большой взрыв. Рождение и эволюция Вселенной / Пер. с англ. — М.: Мир, 1982. — 392 с.

Товмасян Г. М. Взрывающиеся миры. — Ереван: Айастан, 1979. — 168 с.

Физика космоса. Маленькая энциклопедия / Гл. ред. С. Б. Пикельнер. — М.: Сов. энциклопедия, 1976. — 655 с.

Хей Дж. Радиовселенная / Пер. с англ. — М.: Мир, 1978. — 283 с.

Ходж П. Революция в астрономии / Пер. с англ. — М.: Мир, 1972. — 149 с.

Чаругин В. М. Космология. Теория и наблюдения. — М.: Знание, 1979. — 59 с.

Чаругин В. М. Реликтовое излучение. — М.: Знание, 1975. — 64 с.

Шакура Н. И. Нейтронные звезды и черные дыры в двойных звездных системах. — М.: Знание, 1976. — 62 с.

Шкловский И. С. Вселенная, жизнь, разум. — 5-е изд., доп. и перераб. — М.: Наука, 1980. — 352 с.

Шкловский И. С. Проблемы современной астрофизики. — М.: Наука, 1982. — 224 с.

Солнце

Витинский Ю. И. Солнечная активность. — 2-е изд., доп. и перераб. — М.: Наука, 1983. — 192 с.

Гордиец В. Ф., Марков М. Н., Шелепин Л. А. Солнечная активность и Земля. — М.: Знание, 1980. — 64 с.

Гудзенко Л. И. В поисках природы солнечных пятен. — М.: Знание, 1972. — 64 с.

Кононович Э. В. Солнце — дневная звезда: Пособие для учащихся. — М.: Просвещение, 1982. — 112 с.

Мирошниченко Л. И. Солнечная активность и Земля. — М.: Наука, 1981. — 144 с.

Никольский Г. М. Невидимое Солнце: (О коротковолновом излучении Солнца). — М.: Знание, 1980. — 64 с.

Никольский Г. М. Солнечная корона и межпланетное пространство. — М.: Знание, 1975. — 64 с.

Северный А. Б., Степанян Н. Н. Солнечные вспышки. — М.: Знание, 1976. — 64 с.

Солнечная система

Беляев Н. А., Чурюмов К. И. Комета Галлея и ее наблюдение. — М.: Наука, 1985. — 272 с.

Болдуин Р. Что мы знаем о Луне / Пер. с англ. — М.: Мир, 1967. — 173 с.

Болт Б. В глубины Земли / Пер. с англ. — М.: Мир, 1984. — 190 с.

Бронштэн В. А. Планета Марс. — М.: Наука, 1977. — 96 с.

Бялко А. В. Наша планета — Земля. — М.: Наука, 1983. — 208 с.

Вуд Дж. Метеориты и происхождение Солнечной системы / Пер. с англ. — М.: Мир, 1971. — 176 с.

Гребенников Е. А., Рябов Ю. А. Поиски и открытия планет. — 2-е изд., доп. и перераб. — М.: Наука, 1984. — 224 с.

Давыдов В. Д. Планеты Солнечной системы. Новые результаты исследований. — М.: Знание, 1973. — 64 с.

Дагаев М. М. Солнечные и лунные затмения. — М.: Наука, 1977. — 208 с.

Демин В. Г. Судьба Солнечной системы: Популярные очерки о небесной механике. — 2-е изд. — М.: Наука, 1975. — 264 с.

Дивари Н. Б. Зодиакальный свет и межпланетная пыль. — М.: Знание, 1981. — 64 с.

Долгинов Ш. Ш. Магнетизм планет. — М.: Знание, 1974. — 64 с.

Жарков В. Н. Внутреннее строение Земли и планет. — 2-е изд. — М.: Наука, 1983. — 416 с.

Жарков В. Н., Козенко А. В. Фобос и Деймос — спутники Марса. — М.: Знание, 1985. — 64 с.

Кауфман У. Планеты и луны / Пер. с англ. — М.: Мир, 1982. — 218 с.

Колдер Н. Комета надвигается / Пер. с англ. — М.: Мир, 1984. — 176 с.

Ксанфомалити Л. В. Планеты, открытые заново. — М.: Наука, 1974. — 152 с.

Кузьмин А. Д. Планета Венера. — М.: Наука, 1981. — 94 с.

Куликов К. А., Гуревич В. Б. Новый облик старой Луны. — М.: Наука, 1974. — 152 с.

Куликов К. А., Сидоренков Н. С. Планета Земля. — 2-е изд. — М.: Наука, 1977. — 192 с.

Куликов К. А. Вращение Земли. — М.: Недра, 1985. — 160 с.

Маров М. Я. Планеты Солнечной системы. — М.: Наука, 1981. — 256 с.

Марочник Л. С. Свидание с кометой. — М.: Наука, 1985. — 208 с.

Михайлов А. А. Земля и ее вращение. — М.: Наука, 1984. — 80 с.

Мухин Л. М. Планеты и жизнь. — М.: Мол. гвардия, 1980. — 192 с.

Рябов Ю. А. Движения небесных тел. — 3-е изд., перераб. — М.: Наука, 1977. — 208 с.

Силкин Б. И. В мире множества лун. — М.: Наука, 1982. — 208 с.

Симоненко А. Н. Астероиды или тернистые пути исследований. — М.: Наука, 1985. — 205 с.

Симоненко А. Н. Пояс астероидов. — М.: Знание, 1977. — 63 с.

Солнечное затмение 31 июля 1981 г. и его наблюдение / Под ред. А. А. Михайлова. — М.: Наука, 1980. — 160 с.

Тейфель В. Г. Уран и Нептун — далекие планеты-гиганты. — М.: Знание, 1982. — 64 с.

Тейфель В. Г. Юпитер и Сатурн — гиганты Солнечной системы. — М.: Знание, 1976. — 64 с.

Томита К. Беседы о кометах / Пер. с яп. — М.: Знание, 1982. — 318 с.

Уайт А. Планета Плутон / Пер. с англ. — М.: Мир, 1983. — 126 с.

Уипл Ф. Л. Семья Солнца / Пер. с англ. — М.: Мир, 1984. — 316 с.

Звезды и звездные системы

Агекян Т. А. Звезды, галактики, Метагалактика. — 3-е изд., доп. и перераб. — М.: Наука, 1981. — 415 с.

Аллер Л. Атомы, звезды, туманности / Пер. с англ. — М.: Мир, 1976. — 352 с.

Амнуэль П. Р. Сверхновые. — М.: Знание, 1981. — 62 с.

Бок Б., Бок П. Млечный Путь / Пер. с англ. — М.: Мир, 1978. — 296 с.

Бронштэн В. А. Гипотезы о звездах и Вселенной. — М.: Наука, 1974. — 384 с.

Вильковиский Э. Я. Квазары и активность ядер галактик. — М.: Наука, 1985. — 174 с.

Воронцов-Вельяминов Б. А. Галактики, туманности и взрывы во Вселенной. — М.: Просвещение, 1967. — 175 с.

Ефремов Ю. Н. В глубины Вселенной. — 3-е изд., доп. и перераб. — М.: Наука, 1984. — 224 с.

Ефремов Ю. Н. Переменные звезды. — М.: Знание, 1975. — 63 с.

Засов А. В. Галактики. — М.: Знание, 1976. — 64 с.

Звезды и звездные системы /Под ред. М. Я. Мартынова. — М.: Наука, 1981. — 416 с.

Каплан С. А. Межзвездная среда и происхождение звезд. — М.: Знание, 1974. — 64 с.

Каплан С. А. Физика звезд. — 3-е изд., доп. и перераб. — М.: Наука, 1977. — 208 с.

Клыпин А. А., Сурдин В. Г. Крупномасштабная структура Вселенной. — М.: Знание, 1981. — 64 с.

Комберг Б. В. Квазары — свидетели рождения галактик. — М.: Знание, 1981. — 64 с.

Мухин Л. М. В нашей Галактике. — М.: Мол. гвардия, 1983. — 192 с.

Псковский Ю. П. Новые и сверхновые звезды. — 2-е изд., доп. и перераб. — М.: Наука, 1974. — 207 с.

Хойл Ф. Галактики, ядра, квазары / Пер. с англ. — М.: Мир, 1968. — 155 с.

Хромов Г. С. Планетарные туманности. — М.: Знание, 1975. — 63 с.

Чернин А. Д. Звезды и физика. — М.: Наука, 1984. — 160 с.

Шкловский И. С. Звезды: их рождение, жизнь и смерть. — 3-е изд., перераб. — М.: Наука, 1984. — 384 с.

Исследования космического пространства с помощью ракет и искусственных спутников Земли

Алексеев В., Лебедев Л. За лунным камнем. — М.: Машиностроение, 1972. — 120 с.

Гильзин К. А. Электрические межпланетные корабли. — 2-е изд., доп. и перераб. — М.: Наука, 1970. — 432 с.

Зигель Ф. Ю. Занимательная космонавтика. — М.: Машиностроение, 1970. — 304 с.

Келдыш М. В., Маров М. Я. Космические исследования. — М.: Наука, 1981. — 192 с.

Козырев В. И., Никитин С. А. Полеты по программе «Интеркосмос». — М.: Знание, 1980. — 64 с.

Космонавтика. Маленькая энциклопедия. — 2-е изд. / Гл. ред. В. П. Глушко. — М.: Сов. энциклопедия, 1970. — 591 с.

Левантовский В. И. Механика космического полета в элементарном изложении. — 3-е изд., доп. и перераб. — М.: Наука, 1980. — 512 с.

Минчин С. Н., Улубеков А. Т. — Земля — космос — Луна. — М.: Машиностроение, 1972. — 244 с.

Скуридин Г. А. Изучение плазменных оболочек небесных тел космическими аппаратами. — М.: Знание, 1972. — 64 с.

Старостин А. С. Адмирал Вселенной. Королев. Рассказ о времени и человеке. — М.: Мол. гвардия, 1973. — 238 с.

Феоктистов К. П. Научный орбитальный комплекс. — М.: Знание, 1980. — 64 с.

История астрономии

Белый Ю. А. Иоганн Кеплер. 1571—1630. — М.: Наука, 1971. — 295 с.

Буткевич А. В., Зеликсон М. С. Вечные календари. — 2-е изд., доп. и перераб. — М.: Наука, 1984. — 208 с.

Воронцов-Вельяминов Б. А. Лаплас. — 2-е изд., доп. и перераб. — М.: Наука, 1985. — 286 с.

Вуд Д. Солнце, Луна и древние камни / Пер. с англ. — М.: Мир, 1981. — 268 с.

Гевелий Я. Атлас звездного неба. — 3-е изд., доп. — Ташкент: Фан, 1978. — 50 с., 67 л. карт.

Гребеников Е. А. Николай Коперник. — 2-е изд., доп. и перераб. — М.: Наука, 1982. — 144 с.

Еремеева А. И. Астрономическая картина мира и ее творцы. — М.: Наука, 1984. — 224 с.

Климишин И. А. Календарь и хронология. — 2-е изд., доп. и перераб. — М.: Наука, 1985. — 320 с.

Козенко А. В. Джеймс Хопвуд Джинс. — М.: Наука, 1985. — 144 с.

Колчинский И. Г., Корсунь А. А., Родригес М. Г. Астрономы: Биографический справочник. — Киев: Наукова думка, 1977. — 415 с.

Селешников С. И. История календаря и хронология. — 3-е изд. — М.: Наука, 1977. — 224 с.

Сираджинов С. Х., Матвиевская Г. П. Ал-Хорезми — выдающийся математик и астроном средневековья: Пособие для учащихся. — М.: Просвещение, 1983. — 80 с.

Уитни Ч. Открытие нашей Галактики / Пер. с англ. — М.: Мир, 1975. — 237 с.

Хокинс Дж., Уайт Дж. Разгадка тайн Сто-

унхенджа / Пер. с англ. — 2-е изд. — М.: Мир, 1984. — 256 с.
Чернов Ю. М. Земля и звезды. Повесть о П. Штернберге. — М.: Политиздат, 1975. — 366 с.
Чистяков В. Д. Рассказы об астрономах. — Минск, 1969. — 264 с.
Штекли А. Э. Галилей. — М.: Мол. гвардия, 1972. — 383 с.
Шур Я. И. Когда? Рассказы о календаре. — 2-е изд., доп. — М.: Дет. лит., 1968. — 289 с.

Астрономические инструменты

Зигель Ф. Ю. Астрономы наблюдают. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Наука, 1985. — 192 с.
Любительские телескопы: Сб. статей. — М.: Наука, 1975. — 119 с.
Навашин М. С. Телескоп астронома-любителя. — 4-е изд. — М.: Наука, 1979. — 439 с.
Сикорук Л. Л. Телескопы для любителей астрономии. — М.: Наука, 1982. — 239 с.
Щеглов П. В. Оптические телескопы сегодня и завтра. — М.: Знание, 1980. — 64 с.
Щеглов П. В. Современные телескопы — их возможности и перспектива. — М.: Знание, 1974. — 64 с.

Руководства для любителей астрономии

Беляев Н. А., Чурюмов К. И. Комета Галлея и ее наблюдение. — М.: Наука, 1985. — 272 с.
Бронштэн В. А. Планеты и их наблюдение. — 2-е изд., доп. и перераб. — М.: Наука, 1979. — 240 с.
Бронштэн В. А. Серебристые облака и их наблюдение. — М.: Наука, 1984. — 128 с.
Дагаев М. М. Наблюдения звездного неба. — 5-е изд. — М.: Наука, 1963. — 176 с.
Даффет-Смит П. Практическая астрономия с калькулятором / Пер. с англ. — М.: Мир, 1982. — 175 с.
Зигель Ф. Ю. Звездная азбука: Пособие для учащихся. — М.: Просвещение, 1981. — 191 с.
Зигель Ф. Ю. Сокровища звездного неба: Путеводитель по созвездиям и Луне. — 4-е изд., доп. и испр. — М.: Наука, 1980. — 311 с.
Зоткин И. Т. Наблюдения метеоров. — М.: Наука, 1972. — 55 с.
Клякотко М. А. Задачи и методика наблюдений Солнца. — М.: Наука, 1971. — 59 с.
Куликовский П. Г. Справочник любителя астрономии. — 4-е изд., доп. и перераб. — М.: Наука, 1971. — 624 с.
Максимачев Б. А., Комаров В. Н. В звездных лабиринтах: Ориентирование по небу. — М.: Наука, 1973. — 200 с.
Марленский А. П. Учебный звездный атлас. — 3-е изд. — М.: Просвещение, 1970. — 32 с., 4 л. карт.
Михайлов А. А. Атлас звездного неба: Четыре карты звездного неба до 50° южного склонения, содержащие все звезды до $5^1/_2$ величины. — 4-е изд., перераб. — Л.: Наука, 1980. — 12 с., 4 л. карт.
Михайлов А. А. Атлас звездного неба: 20 карт со всеми звездами до 6,5 величины на обоих полушариях неба для равноденствия 1950,0 с приложением полного каталога всех изображенных на карте звезд и объектов. — Л.: Наука, 1974. — 50 с., 20 л. карт.
Михайлов А. А. Звездный атлас, содержащий для обоих полушарий все звезды до 8,25 величины с обозначением переменных и двойных звезд, звездных скоплений и туманностей. — 3-е изд. — Л.: Наука, 1969. — 60 с., 20 л. карт.
Новиков И. Д., Шишаков В. А. Самодельные астрономические инструменты и наблюдения с ними. — М.: Наука, 1965. — 124 с.
Рей Г. Звезды. Новые очертания старых созвездий / Пер. с англ. — М.: Мир, 1969. — 168 с.
Цесевич В. П. Переменные звезды и их наблюдение. — М.: Наука, 1980. — 174 с.
Цесевич В. П. Что и как наблюдать на небе: Руководство к организации и проведению любительских наблюдений небесных тел. — 6-е изд., перераб. — М.: Наука, 1984. — 304 с.
Чурюмов К. И. Кометы и их наблюдение. — М.: Наука, 1983. — 192 с.
Шевченко В. В. Луна и ее наблюдение. — М.: Наука, 1983. — 191 с.

Необходимыми пособиями для любителей являются «Школьный астрономический календарь», ежегодно выпускаемый издательством «Просвещение», а также «Астрономический календарь-ежегодник», подготавливаемый Всесоюзным астрономо-геодезическим обществом (издается Главной редакцией физико-математической литературы издательства «Наука»). В них содержатся все необходимые любителям сведения об астрономических явлениях в очередном году, часто публикуются инструкции для наблюдений, библиографический указатель и другие статьи и материалы.

Каждому любителю нужен также «Астрономический календарь. Постоянная часть» (последнее, седьмое, переработанное издание его выпущено Главной редакцией физико-математической литературы издательства «Наука» в 1981 г.). Эта книга содержит сведения из теоретической и сферической астрономии, некоторые задачи практической астрономии, сведения об основных понятиях астрофизики. Приведены инструкции для наблюдений различных небесных объектов, многочисленные справочные таблицы.

Много интересных сведений любители астрономии могут почерпнуть в научно-популярном журнале «Земля и Вселенная».

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

В

Г

Д

Т

У

Ф

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

а. е. — астрономическая единица
в. — век
вв. — века
в. д. — восточная долгота
Вт — ватт
г. — год
ГПа — гигапаскаль
(1 ГПа=10^9 паскалей)
Гс — гаусс
г/см^3 — грамм на кубический сантиметр
Дж — джоуль
до н. э. — до нашей эры
др. — другие
з. д. — западная долгота
кал — калория
кВт — киловатт
кг — килограмм
км — километр
км/с — километр в секунду
кпс — килопарсек
кэВ — килоэлектронвольт
м — метр
м^2 — квадратный метр
м^3 — кубический метр
мес — месяц
мин — минута
млн. — миллион
млрд. — миллиард
мм — миллиметр
МПа — мегапаскаль
(1 МПа=10^6 паскалей)
Мпс — мегапарсек
м/с — метр в секунду
м/с^2 — метр на секунду в квадрате
мкм — микрометр
МэВ — мегаэлектронвольт
нм — нанометр (1 нм=10^{-9} м)
Па — паскаль
пс — парсек
рис. — рисунок
с — секунда
с. — страница
см. — смотри
см — сантиметр
см^2 — квадратный сантиметр
см^3 — кубический сантиметр
см/с — сантиметр в секунду
сут — сутки
с. ш. — северная широта
т — тонна
т. д. — так далее
т. е. — то есть
тыс. — тысяча
ч — час
эВ — электронвольт
ю. ш. — южная широта
° С — градус Цельсия
К — кельвин
′ — угловая минута
″ — угловая секунда
$>$ — знак «больше»
$<$ — знак «меньше»
$\geqslant$ — знак «больше-равно»
% — процент
$\approx$ — приблизительно
$+$ — плюс
$-$ — минус
$\pm$ — плюс — минус
$\cdot$ $\times$ — знак умножения
: — знак деления
g — ускорение силы тяжести

ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКИЙ
СЛОВАРЬ ЮНОГО
АСТРОНОМА

Составитель
НИКОЛАЙ ПЕТРОВИЧ
ЕРПЫЛЕВ

Заведующий редакцией
энциклопедических словарей
и справочников
для детей и юношества
КИРЬЯНОВ В. Ю.

Ведущий редактор
ТАТТАР Г. В.

Младший редактор
ПЕТРУХИНА Л. Ю.

Специальный
и контрольный
редактор
ПТИЦЫН Д. А.

Художественный редактор
ХРАМОВ В. П.

Технический редактор
ИВАНОВА Т. Г.

Редакторы карт
ЛЕБЕДЕВА Е. Н.
КОВАЛЕВА А. В.

Корректор
АНТОНОВА В. С.

Младший художественный
редактор
СОРОКА Т. П.

Авторы статей:

АНТОНОВА А. Е.
АРХИПОВА В. П.
БАГРОВ А. В.
БАКУЛИН П. И.
БЛИННИКОВ С. И.
БОНДАРЕНКО Л. Н.
БРЕУС Т. К.
БРОНШТЭН В. А.
БУРГИН М. С.
ВОЙНОВ С. С.
ВОЛЯНСКАЯ М. Ю.
ВОРОНЦОВ-
ВЕЛЬЯМИНОВ Б. А.
ГИЛЬБЕРГ Л. А.
ГИНДИЛИС Л. М.
ГРЕБЕНИКОВ Е. А.
ГРУШИНСКИЙ А. Н.
ГРУШИНСКИЙ Н. П.
ГУРИКОВ В. А.
ГУРШТЕЙН А. А.
ДАВЫДОВ В. Д.
ДАГАЕВ М. М.
ДОЛГАЧЕВ В. П
ДОКУЧАЕВА О. Д.
ДУБИНСКИЙ Б. А.
ЕГОРОВ В. А.
ЕРЕМЕЕВА А. И.
ЕРПЫЛЕВ Н. П.
ЕФРЕМОВ Ю. Н.
ЗАСОВ А. В.
ЗОТКИН И. Т.
КИПРИЯНОВА Т. И.
КОМАРОВ В. Н.
КОМБЕРГ Б. В.
КОНОНОВИЧ Э. В.
КУЛИКОВСКИЙ П. Г.
ЛЕВАНТОВСКИЙ В. И.
ЛЕВИН Б. Ю.
ЛОЗИНСКАЯ Т. А.
ЛУЦКИЙ В. К.
МИХАЙЛОВ А. А.
НИКИТИН С. А.
НОВИКОВ И. Д.
ОВЧИННИКОВ А. А.
ПАНОВКИН Б. Н.
ПОРЦЕВСКИЙ К. А.
ПРОДАН Ю. И.
ПТИЦЫН Д. А.
ПШЕНИЧНЕР Б. Г.
РЫХЛОВА Л. В.
РЯБОВ Ю. А.
СТРЕЛЬНИЦКИЙ В. С.
СУРДИН В. Г.
ХЛОПОВ М. Ю.
ЧУГАЙ Н. Н.
ШЕМЯКИН М. М.
ШУВАЕВ Г. В.
ЮРОВ Е. А.
ЯВНЕЛЬ А. А.

Принципиальный макет
издания
художник ЮЛИКОВ А. М.

Оформление издания
художник КОМАРОВ В. С.

Макет книги
художник
МАРТЫНЕНКО Ю. П.

Иллюстрации выполнили
художники:
АРАТОВСКИЙ Ю. М.
БЕССОНОВ С. Г.
БОРИСОВ И. Г.
ВИГАНТ В. Я.
ЛОБАЧЕВ В. П.
ЛУХИН С. Ф.

Фотоиллюстрации
выполнили:
БИРУЛЯ Т. А.
ДАНИЛОЧКИН Н. М.
МОКЛЕЦОВ А. С.
ОЛЬХИН М. Ф.
ПУШКАРЕВ А. А.
СЕНЦОВ А. А.

Использованы материалы
фотохроники ТАСС

НБ № 966
Сдано в набор 18.04.85. Подписано в печать 26.12.85. Формат $70 \times 108^{1}/_{16}$. Бумага офсетная № 1. Печать офсетная. Гарнитура литературная. Усл. печ. л. 29,40. Уч.-изд. л. 38,34. Усл. кр.-отт. 118,64. Тираж 350 000 экз. (1-й завод 1—200 000 экз.). Заказ № 1818. Цена 3 руб. В суперобложке 3 р. 20 к.

Издательство «Педагогика» Академии педагогических наук СССР и Государственного комитета СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли 107847 Москва, Лефортовский пер., 8.

Редакция энциклопедических словарей и справочников для детей и юношества. 107066, Москва, ул. Карла Маркса, 35.

Карты подготовлены к печати ПКО «Картография».

Ордена Трудового Красного Знамени Калининский полиграфический комбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. г. Калинин, проспект Ленина, 5.


Школьные учебники СССР